

**LOGISTISCHES SORTIMENTS- UND BESTANDSMANAGEMENT
FÜR GROSSHANDELSBETRIEBE MIT
MEHRSTUFIGER LAGERUNG**

Inaugural-Dissertation zur
Erlangung des Doktorgrades der
Fakultät Sozial- und Wirtschaftswissenschaften der
Otto-Friedrich-Universität Bamberg

vorgelegt von

DIPL.-KFM. HARALD MEIS

Bamberg 1989





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548828_0006

**LOGISTISCHES SORTIMENTS- UND BESTANDSMANAGEMENT
FÜR GROSSHANDELSBETRIEBE MIT
MEHRSTUFIGER LAGERUNG**

Inaugural-Dissertation zur
Erlangung des Doktorgrades der
Fakultät Sozial- und Wirtschaftswissenschaften der
Otto-Friedrich-Universität Bamberg

vorgelegt von

DIPL.-KFM. HARALD MEIS

Bamberg 1989

Erstgutachter: Prof. Dr. G. Diruf

Zweitgutachter: Prof. Dr. E. Sinz

Tag der Promotion: 21. Juni 1989

Inhaltsverzeichnis

Seite

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	10
1. Problemstellung, Untersuchungsziele und Untersuchungsstrategie	11
1.1 Einführung in die grundlegende Problemstellung	11
1.2 Untersuchungsziele und Untersuchungsstrategie	21
2. Klassische Konzepte des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagements für mehrstufige Distributionssysteme und ihre Infragestellung durch moderne Computertechnologien	23
2.1 Kritik klassischer Methoden der logistischen Planung, Steuerung und Kontrolle von Beständen und Sortimenten in mehrstufigen Distributionssystemen	23
2.1.1 Klassische Strategien der Bestandsdisposition	23
2.1.1.1 Anwendung von Verfahren zur Steuerung einstufiger Lagersysteme auf mehrstufige Lagersysteme	23
2.1.1.2 Mathematische Verfahren zur Bestandsdisposition in mehrstufigen Distributionssystemen und deren Anwendungsgrenzen in der Praxis	28
2.1.2 Trennung von Lager- und Transportsteuerung als Grundelement klassischer Logistiksysteme	31

2.1.3 Das klassische logistische Sortimentsmanagement ...	34
2.2 Nutzungsmöglichkeiten fortschrittlicher Computer- und Informationssysteme zur simultanen und integrierten Planung, Steuerung und Kontrolle von Beständen und Sortimenten in mehrstufigen Distributionssystemen	37
2.3 Anforderungen an ein computergestütztes logistisches Sortiments- und Bestandsmanagementsystem	42
3. Einbettung eines logistischen Sortiments- und Bestandsmanagementsystems in ein modulares Integrationsmodell	45
3.1 Entwurf eines Management-Informationssystems für Großhandelsbetriebe	45
3.1.1 Grundstruktur des Management-Informationssystems ..	45
3.1.2 Teilbereich "Vertriebs-Informationssystem"	47
3.1.3 Teilbereich "Logistik-Informationssystem" mit der Komponente "Sortiments- und Bestandsmanagement" ...	52
3.1.4 Teilbereich "Finanz-Informationssystem"	58
3.2 Entwicklung eines hierarchischen Grobkonzeptes für das Sortiments- und Bestandsmanagement und seine Einbindung in das modulare Gesamtsystem	61
4. Mehrstufige computergestützte Bestandsdispositionssysteme und ihre methodische Auswahl mit Hilfe eines Simulationsmodells	67
4.1 Vorbemerkungen	67
4.2 Neuere Verfahren der Bestandsdisposition in mehrstufigen Distributionssystemen	68
4.2.1 Das Basisbestandssystem	68
4.2.1.1 Grundgedanke und Funktionsweise des Basisbestandssystems	68

4.2.1.2 Kritik am Basisbestandssystem	72
4.2.2 DRP-Systeme	73
4.2.2.1 Analogie zu MRP-Systemen	73
4.2.2.2 Arbeitsweise von DRP-Systemen	75
4.2.2.3 Implementierungsvoraussetzungen	82
4.2.2.4 Anbindung an MRP-Systeme der Lieferanten ..	83
4.2.3 Die Methode der "fair shares"	86
4.2.3.1 Abgrenzung der "fair shares"-Methode von Pull-Systemen	86
4.2.3.2 Disposition der Außenlagerbestände	88
4.2.3.3 Auslösung einer Bestandsallokation und Dis- position der Zentrallagerbestände	95
4.2.3.4 Transportplanung	98
4.2.3.5 Implementierungsvoraussetzungen	99
4.3 Entwicklung und beispielhafte Anwendung eines Simulati- onsmodells für die methodische Auswahl von mehrstufigen Bestandsdispositionssystemen	100
4.3.1 Allgemeine Auswahlkriterien	100
4.3.2 Simulation als Hilfsmittel der Entscheidungsfin- dung	107
4.3.2.1 Simulationstechnik	107
4.3.2.2 Simulation von mehrstufigen Dispositions- systemen	109
4.3.3 Beschreibung eines ausgewählten mehrstufigen Dis- tributionssystems	109
4.3.3.1 Struktur des Distributionssystems	109
4.3.3.2 Kostenarten und Serviceanforderungen	111
4.3.4 Simulation eines klassischen Verfahrens der Be- standsdisposition	115
4.3.4.1 Beschreibung des Dispositionsverfahrens ...	115
4.3.4.2 Index-, Parameter- und Variablendefinitio- nen	118
4.3.4.3 Entwurf eines Simulationsmodells	127
4.3.4.4 Ablaufplan der Simulation	141

4.3.4.5 Umsetzung in ein Computerprogramm	141
4.3.4.6 Bewertung des klassischen Dispositionsver- fahrens	148
4.3.5 Simulation eines DRP-Systems	155
4.3.5.1 Beschreibung des DRP-Systems	155
4.3.5.2 Variablendefinitionen	157
4.3.5.3 Entwurf des Simulationsmodells	158
4.3.5.4 Bewertung des DRP-Systems	162
4.3.6 Simulation einer Heuristik zur Optimierung der Transportkosten für das DRP-System	165
4.3.6.1 Entwurf der Heuristik	165
4.3.6.2 Bewertung des modifizierten DRP-Systems ...	173
4.3.7 Zusammenfassung	175
5. Entwicklung einer logistischen Konzeption für den Aufbau eines computergestützten Sortimentsmanagementsystems	178
5.1 Vorbemerkungen	178
5.2 Logistische Sortimentsstrukturierung	180
5.2.1 Verwendbarkeit klassischer Gliederungsansätze	180
5.2.2 Konzeption eines logistischen Strukturierungs- ansatzes	184
5.2.2.1 Beschreibung des physischen Distributions- systems	184
5.2.2.2 Sortimentsgliederung nach den Kriterien "Zugehörigkeit im Zeitablauf" und "Waren- vorrätigkeit bei Kaufabschluß"	188
5.2.2.3 Darstellung des Distributionsflusses unter Verwendung des logistischen Strukturierungs- ansatzes	193
5.3 Herleitung einer warenflußorientierten Kostengliederung .	197
5.3.1 Entscheidungsprobleme des logistischen Sortiments- managements	197

5.3.2 Kostengliederung	202
5.4 Unterstützung von Lagerortentscheidungen	207
5.4.1 Praxisgerechte Gestaltung des Planungsablaufes	207
5.4.2 Abschätzung der relevanten Logistikkosten	212
5.5 Unterstützung von Eliminierungsentscheidungen	218
5.5.1 Grundgedanken zum Planungsablauf	218
5.5.2 Beurteilung des Bestellsortiments	219
5.5.3 Kontrolle des Lagersortiments	222
5.5.3.1 Klassifizierung des Lagersortiments	222
5.5.3.2 Organisation der Läger als Profit-Center ..	223
5.5.3.3 Zentrale Administration	226
6. Zusammenfassende Bewertung der gewonnenen Erkenntnisse	229
Anhangsverzeichnis	231
Literaturverzeichnis	324

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 2.1 Waren- und Informationsfluß in einem mehrstufigen Distributionssystem eines Großhandelsunternehmens .	24
Tab. 3.1 Aufbau eines Management-Informationssystems für Großhandelsbetriebe	47
Tab. 3.2 Aufbau des Vertriebs-Informationssystems	48
Tab. 3.3 Aufbau des Logistik-Informationssystems mit der Komponente "Sortiments- und Bestandsmanagement" ...	53
Tab. 3.4 Aufbau des Finanz-Informationssystems	59
Abb. 3.5 Hierarchische Struktur des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagementsystems	62
Abb. 3.6 Kommunikative Verknüpfung des logistischen Sorti- ments- und Bestandsmanagementsystems mit anderen Modulen des Management-Informationssystems über die Datenbank "Warenwirtschaft"	65
Abb. 4.1 Bestellpunktverfahren mit variabler Bestellmenge im Basisbestandssystem	71
Abb. 4.2 Exemplarisches mehrstufiges Distributionssystem eines Großhandelsbetriebes	76
Tab. 4.3 Bestandsdisposition für die Außenläger und das Zentrallager mit einem DRP-System	77
Tab. 4.4 DRP-System auf der Basis von im Planungszeitraum veränderlichen Bestellpunkten	80
Tab. 4.5 Ausgangsdaten zur Berechnung der "fair shares"	89

Tab. 4.6	Kumulierter Nettobedarf am Ende und Nachfrageprognosen nach Ablauf der Wiederbeschaffungszeit für alle Außenläger bei einem Zentrallagerbestand von 1.000 ME	91
Tab. 4.7	Kumulierter Nettobedarf am Ende und Nachfrageprognosen nach Ablauf der Wiederbeschaffungszeit für die Außenläger 1 und 3 bei einem Zentrallagerbestand von 495 ME	93
Tab. 4.8	Disposition des Zentrallagerbestandes über ein Bestellpunktverfahren	97
Tab. 4.9	Wiederbeschaffungszeiten des Zentrallagers bei den Lieferanten	110
Tab. 4.10	Nachfragestruktur für jedes Außenlager	111
Tab. 4.11	Vereinfachtes Beispiel für die Bestandsdisposition der Läger im klassischen Modell	117
Abb. 4.12	Struktogramm-Darstellung der Berechnungsvorschriften zur Ermittlung der Lieferrückstände und der Lieferungen an die Außenläger	134
Abb. 4.13	Ablaufplan der Simulation im klassischen Modell ...	142
Abb. 4.14	Programmorganisationsplan für das Computerprogramm zur Simulation des klassischen Verfahrens der Bestandsdisposition	146
Tab. 4.15	Simulationsergebnisse für das klassische Dispositionsverfahren (einheitliche Dispositionsparameter pro Artikelklasse)	150
Tab. 4.16	Simulationsergebnisse für das klassische Dispositionsverfahren (unterschiedliche Dispositionsparameter pro Artikelklasse)	153



Tab. 4.17	Gegenüberstellung der entscheidungsabhängigen Kosten für das klassische Dispositionsverfahren und das DRP-System	163
Tab. 4.18	Gegenüberstellung der Ist-Lieferbereitschaften für das klassische Dispositionsverfahren und das DRP-System	164
Abb. 4.19	Heuristik zur Optimierung der Sekundärtransportkosten im DRP-System	171
Tab. 4.20	Gegenüberstellung der entscheidungsabhängigen Kosten für das klassische Dispositionsverfahren, das DRP-System und das um die Heuristik zur Transportkostenoptimierung erweiterte DRP-System	174
Abb. 4.21	Gegenüberstellung der Ist-Lieferbereitschaften für das klassische Dispositionsverfahren, das DRP-System und das um die Heuristik zur Transportkostenoptimierung erweiterte DRP-System	175
Abb. 5.1	Primär- und Sekundärtransportrelationen in einem typischen Großhandels-Distributionssystem	185
Abb. 5.2	Tertiärtransportrelationen in einem typischen Großhandels-Distributionssystem	187
Abb. 5.3	Logistische Sortimentsstrukturierung nach den Kriterien "Warenverfügbarkeit bei Kaufabschluß" und "Zugehörigkeit im Zeitablauf"	194
Abb. 5.4	Warenfluß in einem mehrstufigen Distributionssystem unter Verwendung des logistischen Ansatzes zur Sortimentsstrukturierung	195
Abb. 5.5	Logistische Entscheidungsprobleme zur Lagerortwahl unter Berücksichtigung der Sortimentsstruktur für nicht-kundenbezogene Sorten	199

Abb. 5.6	Logistikkostenbelastungen einzelner Sortimentsteile am Beispiel eines mehrstufigen Distributionssystems	203
Tab. 5.7	Einflußgrößen der relevanten Kostenarten	208
Tab. 5.8	Kostensätze der relevanten Kostenarten im Rechenbeispiel	216
Abb. 5.9	Berechnung des Deckungsbeitrags für Streckensorten	220
Abb. 5.10	Berechnung des Deckungsbeitrags für Rampensorten ..	220
Abb. 5.11	Berechnung des Deckungsbeitrags für selbstgelagerte Artikel zur Eigenverwendung aus Sicht eines Außen- oder Zentrallagers	224
Abb. 5.12	Berechnung des Deckungsbeitrags für vom Zentrallager zugelieferte Artikel aus Sicht eines Außenlagers ..	225
Abb. 5.13	Berechnung des Deckungsbeitrags für Artikel des zentralen Sortiments aus Sicht des Zentrallagers	225
Abb. 5.14	Berechnung des Deckungsbeitrags I für jedes Außenlager	227
Abb. 5.15	Berechnung des Deckungsbeitrags für Artikel des zentralen Sortiments bei zentraler Administration	227

Abkürzungsverzeichnis

a. a. O.	am angegebenen Ort
AL	Außenlager
AP	Abrechnungsperiode
Aufl.	Auflage
BSL	Bundesverband Spedition und Lagerei e. V.
ders.	derselbe
DIN	Deutsche Industrie-Norm
e. V.	eingetragener Verein
ebd.	ebenda
Ed.	Edition (Auflage)
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
FORTRAN	Formula Translator
GE	Geldeinheit
HLo	Handwörterbuch Logistik
hrsg. v.	herausgegeben von
IBM	International Business Machines Corp.
kg	Kilogramm
km	Kilometer
ME	Mengeneinheit
Nr.	Nummer
o. J.	ohne Jahr
o. V.	ohne Verfasser
PC	Personal Computer
RGH	Rationalisierungs-Gesellschaft des Handels mbH
RKT	Reichskraftwagentarif
RKW	Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft e. V.
SKU	Lagereinheit (stock keeping unit)
UPS	United Parcel Service
Vol.	Volume
ZE	Zeiteinheit
ZfB	Zeitschrift für Betriebswirtschaft
ZL	Zentrallager

1. Problemstellung, Untersuchungsziele und Untersuchungsstrategie

1.1 Einführung in die grundlegende Problemstellung

Bundesdeutsche Großhandelsbetriebe¹ sehen sich einem tiefgreifenden Wandel in ihren Umweltbedingungen gegenüber. Insbesondere die nachfolgend beschriebenen Veränderungen der Umweltstruktur können ohne entsprechende Reaktionen des Managements die langfristige Überlebenschance einzelner Großhandelsbetriebe gefährden:

- Der Konkurrenzdruck wird zunehmend größer. Bestimmende Einflußfaktoren für diese Entwicklung sind angesichts einer in den letzten Jahren nahezu konstanten Zahl von Großhandelsbetrieben nicht großhandelsendogene Marktgeschehnisse, sondern die Bestrebungen großer Einzelhandelsunternehmen einerseits und einzelner oder kooperierender Produktionsunternehmen andererseits, die selbständige Großhandelsstufe zu umgehen und deren Funktionen im Rahmen erweiterter eigener Distributionssysteme zu übernehmen. Dabei kommen den Distributionsstufen, die im Warenfluß dem Großhandel vor- und nachgelagert sind, die modernen Kommunikations- und Informationstechnologien besonders zustatten. Deren Anwendung ermöglicht es erst, das mit der Ausschaltung der Großhandelsstufe multiplikativ anwachsende Kommunikationsgeflecht zwischen Produktionssektor und Einzelhandel oder Endverbraucher in operationaler Weise zu bewältigen. Unter-

¹ Die in den Abschnitten vier und fünf dieser Arbeit beschriebenen modernen Verfahren des Bestands- und Sortimentsmanagements können grundsätzlich auch in Einzelhandelsunternehmen mit mehrstufiger Lagerung zum Einsatz kommen.

stellt man ein System mit n unabhängigen Einzelhändlern, die sich bei einem Großhandelsbetrieb mit Waren versorgen, und m Produktionsunternehmen, die ihrerseits den Großhändler mit ihren Produkten beliefern, so sind durch die Bündelung des Kommunikationsprozesses auf der Großhandelsebene nur $n + m$ Informationsbeziehungen erforderlich, um jedem Einzelhändler einen Überblick über das gesamte Sortiment aller Produzenten zu verschaffen und Nachfragedaten an jedes Produktionsunternehmen weiterzuleiten. Wird die informationskomprimierende Zwischenstufe des Großhandels dagegen ausgeklammert, erhöht sich die Anzahl der für eine gleichwertige Leistung des Informationssystems notwendigen direkten Kommunikationsbeziehungen auf $n * m$. In der betriebswirtschaftlichen Praxis wird dieser Effekt allerdings durch miteinander konkurrierende Großhändler, Kooperationen auf der Produzenten- oder Einzelhandelsebene und zur Diversifikation führende Marktstrategien der Industrie erheblich abgeschwächt. Der verbleibende Nettoeffekt erfordert dennoch ein komplexes und dabei operational steuerbares Kommunikationsnetz, wie es erst durch die Entwicklung moderner Telekommunikationstechnologien in Verbindung mit leistungsfähigen Computersystemen ermöglicht wurde.

- In vielen Großhandelsbranchen bestehen Tendenzen der Marktstagnation. Wissenschaftliche Untersuchungen¹ zeigen, daß im Bereich der langlebigen Konsumgüter zwar kurzfristig durch den zu erwartenden Anstieg der Zahl an Privathaushalten ein

¹ Vgl. hierzu und zum folgenden: Krämer, P., Logistische Aspekte im Handel am Beispiel ausgewählter Sortimentsbereiche, in: HLo, 13. Lfg. II/88, Kennziffer 8020, S. 3 ff.

zusätzliches Nachfragepotential erschlossen wird. Längerfristig ist in diesem Bereich allerdings mit deutlichen Sättigungstendenzen zu rechnen, bedingt durch das hohe Ausstattungsniveau der bereits etablierten Privathaushalte und durch mögliche Verzögerungen bei Ersatzentscheidungen aufgrund schwächer steigender Einkommen. Außerdem führt die zurückgehende Lebensarbeitszeit zu einer Verlagerung der privaten Bedürfnisse. Der Freizeitsektor wird in der Rangfolge der privaten Bedürfnisse zu Lasten der kurzlebigen Konsumgüter zunehmend priorisiert. Zudem " ...ist eine Polarisierung im Verbraucherverhalten festzustellen. Der Trend geht einerseits in Richtung "preisgünstig" und andererseits in Richtung "Qualität". Auf der Verliererstrecke bleibt das mittlere Sortiment"¹. Faßt man diese Entwicklungen zusammen, so wird neben die Konkurrenz zu den in den Großhandelsbereich drängenden vor- und nachgelagerten Distributionsstufen auch ein verschärfter horizontaler Wettbewerb treten. Durch die zu erwartenden Änderungen in der Nachfragestruktur ist dabei ein flexibles Sortimentsmanagement von besonderer Bedeutung.

- Der von den Produktionsunternehmen angebotene Sortimentsumfang ist durch eine ansteigende Produktproliferation gekennzeichnet². Beispielsweise umfaßt das Sortiment von Pharma-Großhändlern mehrere zehntausend Artikel, in Einzelfällen sogar

¹ Vgl. Krämer, P., Logistische Aspekte im Handel am Beispiel ausgewählter Sortimentsbereiche, a. a. O., S. 5.

² Vgl. Schulte, K./ Steckenborn, J./ Blasberg, L., Systeme der Warenwirtschaft im Handel (Eine Einführung für Mittelbetriebe), Köln 1981, S. 4.

bis zu hunderttausend Artikel¹. Sofern diese zu einer Variantenvielfalt führende Entwicklung nicht durch mit den Produzenten abgestimmte Postponement-Strategien² aufgefangen werden kann, werden an die physische Lagerhaltung und an die zugehörigen Steuerungs- und Kontrollmechanismen Anforderungen gestellt, die mit konventionellen Systemen nicht befriedigend erfüllt werden können.

- Die logistischen Kosten steigen. Zu nennen sind außer den Personalkosten (Handling, eigener Fuhrpark, Disposition) auch die Frachtkosten und die Kosten der im Lagerbereich eingesetzten technischen Systeme (Hochregallager, automatische Kommissioniersysteme etc.) sowie die für Kommunikationsverbindungen (Telefon, Telefax, Datex-P etc.) anfallenden Kosten. Angesichts des sich verschärfenden Wettbewerbs kann nicht davon ausgegangen werden, daß die Kostenerhöhungen in vollem Umfang an die Abnehmer weitergegeben werden können. Die Großhandelsunternehmen müssen vielmehr versuchen, durch Maßnahmen der Effizienzsteigerung und Kostenkontrolle in ihrem eigenen Verantwortungsbereich exogene kostensteigernde Effekte zu kompensieren.

¹ Vgl. Vorberg, H.-D., Serviceprogramme im Großhandel (Das Dienstleistungsangebot des Lebensmittel-, des Zeitungs- und Zeitschriften- und des Pharma-Großhandels), Köln 1978, S. 91 ff.

² Vgl. z. B. Diruf, G., Informatikanwendungen in der Distributionslogistik, Bamberger Betriebswirtschaftliche Beiträge, Nr. 47, Bamberg 1985, S. 10 ff.; Magee, J. F./ Copacino, W. C./ Rosenfield, D. B., Modern Logistics Management, New York 1985, S. 248; Alderson, W., Marketing Efficiency and the Principle of Postponement, in: Cost and Profit Outlook, III, 4, Sept. 1950.

Wie kann das Management von Großhandelsunternehmen auf die aufgezeigten negativen Umweltveränderungen reagieren? Sieht man von den extremen Alternativen ab, in anderen Branchen oder risikoaversen Anlageformen zu investieren, so lassen sich vor allem zwei weitere aktive strategische Gestaltungsansätze aufzeigen. Einerseits kann versucht werden, durch Formen der horizontalen oder vertikalen Kooperation Synergieeffekte zu nutzen. Ersparnispotentiale können hier in den Bereichen des Marketing (gemeinsame Marketingkonzeption, einheitliche Preisliste, übergreifende Werbung, kooperative Vertreterschulung etc.), der Logistik (gemeinsame Fuhrparkdisposition, teilweise Zentralisierung von Sicherheitsbeständen, abgestimmte Einkaufsdisposition, Rationalisierung im Lagerbereich etc.) und der allgemeinen Verwaltung (einheitliches DV-Konzept, Zentralisierung der allgemeinen Verwaltung etc.) identifiziert werden. Speziell bei der vertikalen Kooperation muß allerdings das Risiko einer langfristig einseitigen Vorteilsnahme durch die Industrie beachtet werden.

Ein anderer Ansatz des strategischen Großhandelsmanagements besteht darin, in dem eigenen betrieblichen Umfeld bisher ungenutzte logistische Rationalisierungsreserven auszuschöpfen. Ein lange andauernder Konkurrenzkampf kann nur von Unternehmen mit einer effizienten Betriebsführung erfolgreich durchgestanden werden. Selbstverständlich können die beiden geschilderten Strategien auch miteinander kombiniert werden.

Unabhängig davon, welche der beschriebenen Managementstrategien gewählt wird, sollten folgende Ersparnispotentiale analysiert werden:

- Ist die derzeitige Distributionsstruktur unter den geforderten Leistungsrestriktionen kostenoptimal? Wurden die Anzahl der Läger und Umschlagspunkte, ihre Standorte und Liefergebietsgrenzen in optimaler Weise festgelegt?
- Wurde die Zusammensetzung des Sortiments nach ab-satzpolitischen und logistischen Kriterien überprüft?
- Ist die Bestandshaltung für das gesamte Distribu-tionssystem optimiert oder erfolgt eine autonome Bestandsdisposition auf jeder Distributionsebene?

Dabei ist zu beachten, daß häufig nicht einstufige, sondern mehrstufige Distributionssysteme zu optimieren sind. Bei der Verfolgung von Kooperationsstrategien ist dies unmittelbar einsichtig. In Systemen mit vertikaler Kooperation zwischen Großhandel und Industrie werden die Waren in der Regel sowohl im Werkslager des Produzenten als auch, sofern es sich nicht um Strecken- oder Rampengeschäfte¹ handelt, im Großhandelslager eingelagert. Bei horizontaler Kooperation entsteht die Mehrstufigkeit durch die teilweise Zentralisierung von Sortimenten und Sicherheitsbeständen. In nicht-kooperativen Systemen arbeiten vor allem die größeren Handelsunternehmen mit mehrstufigen Distributionssystemen, indem sie Zentral- und auch Regionalläger (Außenläger) betreiben. Besonders im Hinblick auf den gemeinsamen Markt

¹ Bei Streckengeschäften wird vom Produzenten im Auftrag des Großhändlers direkt an den Großhandelskunden geliefert, bei Rampengeschäften erfolgt ein Umschlag der Ware auf der Verladerampe des Großhändlers direkt von dem Anlieferungs-fahrzeug des Produzenten auf ein Auslieferungs-fahrzeug des Großhändlers. In beiden Fällen wird der eigentliche Lagerbereich des Großhändlers nicht tangiert.

innerhalb der Europäischen Gemeinschaft gewinnt das Problem der Steuerung mehrstufiger Distributionssysteme an Aktualität, da eine länderübergreifende Warenauslieferung als einstufiges System nicht denkbar ist.

Inwieweit wird nun das logistische Großhandelsmanagement durch wissenschaftliche Methoden und Instrumente unterstützt? Auf dem Gebiet der logistischen Konfigurationsplanung sind computergestützte, quantitative Optimierungsalgorithmen und Heuristiken verfügbar, die sich bei einer hinreichenden Realitätsnähe durch geringe Programmlaufzeiten und tolerierbare Anforderungen an das aufzubereitende Datenmaterial auszeichnen¹.

Im Bereich des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagements für Handelsbetriebe wurde in den letzten Jahren der Begriff "Warenwirtschaftssystem"

¹ Vgl. Dandl, E., Die Modellierung verkehrsbetrieblicher Transporte in computergestützten Distributionsplanungssystemen, Birkach 1984; Diruf, G., Modell- und computergestützte Gestaltung physischer Distributionssysteme, ZfB-Ergänzungsheft 2, 1984, S. 114 ff.; Diruf, G., Computergestützte Planung kostenoptimaler logistischer Systeme für Unternehmen ohne eigenen Fuhrpark, in: Logistische Informatik für Güterverkehrsbetriebe und Verlader (Computergestützte Systeme zur Planung, Steuerung und Kontrolle verkehrsbetrieblicher Transportumschlags- und Lagerleistungen), hrsg. v. Diruf, G., Berlin 1985, S. 1 ff.

geprägt. Nach Zentes¹ obliegen einem Warenwirtschaftssystem die Aufgaben der Disposition, des Bestellwesens, der Wareneingangserfassung, der Rechnungskontrolle, der Warenausgangserfassung, der Kas senabwicklung, der Inventur und der Erstellung warenbezogener Auswertungen und Berichte. Insbesondere die Entwicklung computergestützter Warenwirtschaftssysteme, die eine durchgängige informatorische Verknüpfung zwischen Wareneingang, Warenausgang, Disposition, Bestellwesen und der Aufbereitung von Marketing- und Managementinformationen anstreben², wird in der Literatur ausgiebig behandelt³. Zu Recht wird darauf hingewiesen, daß die Nutzung neuer Kommunikations- und Informationstechnologien zu erheblichen Rationalisierungseffekten auf der Ebene der Abwicklungssysteme (Bestellabwicklung, Auftragsabwicklung) und der operativen Systemsteuerung führen kann. Ausgewählte Praxisanwendungen zur Unterstützung der Abwicklungsebene durch computerge-

¹ Vgl. Zentes, J., Tendenzen zur Entwicklung von Warenwirtschaftssystemen, in: Moderne Warenwirtschaftssysteme im Handel, hrsg. v. Zentes, J., Berlin 1985, S. 1 f., ders., Logistik im Handel: Just-in-time-Belieferung, in: Logistiktrends, Reihe Fachtagungen des Instituts für Logistik der Deutschen Gesellschaft für Logistik e. V., hrsg. v. Pfohl, H.-Ch., Band 2, Dortmund 1987, S. 33 f.

² Vgl. Zentes, J., Tendenzen zur Entwicklung von Warenwirtschaftssystemen, a. a. O., S. 5.

³ Vgl. u. a. Kirchner, J. D./ Zentes, J., Führen mit Warenwirtschaftssystemen, Düsseldorf 1984; Sova, O./ Piper, J., Computergestützte Warenwirtschaft im Handel, Köln 1985.

stützte Warenwirtschaftssysteme sind in der Literatur dokumentiert¹.

Wie aus der obigen Definition eines Warenwirtschaftssystems und den angeführten Praxisanwendungen deutlich wird, liegt der inhaltliche Schwerpunkt computergestützter Warenwirtschaftssysteme in dem Gebrauch der elektronischen Datenverarbeitung zur rationelleren Erfassung und Weiterleitung von Daten aus dem Abwicklungsbereich der Handelsbetriebe. Aus der Fachliteratur² geht hervor, daß die EDV in Handelsbetrieben nicht, wie in Industriebetrieben üblich, auch für Optimierungsrechnungen, sondern für die Verarbeitung von Massendaten und die Steuerung von Routineabläufen eingesetzt wird. Diese frühesten und immer noch zahlreichsten DV-Anwendungen in Handelsbetrieben werden aus dem Umfang des Warensortiments und der Vielzahl der zu verarbeitenden Transaktionen heraus verständlich. Aus einer von der Rationalisierungs-Gemeinschaft des Handels beim RKW e. V. durchgeführten vergleichenden Analyse³ wird ersichtlich, daß die von Hardwareherstellern und

¹ Vgl. z. B. Grönnlund, G., Datenträgeraustausch und Warenwirtschaftssysteme: Das System DAKOM in Schweden, in: Moderne Warenwirtschaftssysteme im Handel, a. a. O., S. 73 ff.; Schäl, W., Datenträger und Warenwirtschaftssysteme: Das System SEDAS in Deutschland, in: Moderne Warenwirtschaftssysteme im Handel, a. a. O., S. 80 ff.; Koch, H. J., Bildschirmtext und Warenwirtschaftssysteme: Fallbeispiel Interfunk, in: Moderne Warenwirtschaftssysteme im Handel, a. a. O., S. 33 ff.

² Vgl. Sova, O./ Piper, J., Computergestützte Warenwirtschaft im Handel, a. a. O., S. 89; Hansen, H. R., Elektronische Datenverarbeitung in Handelsbetrieben, Berlin 1970, S. 15.

³ Vgl. Schulte, K./ Steckenborn, J./ Blasberg, L., Systeme der Warenwirtschaft im Handel, a. a. O., S. 177 ff.

Softwarehäusern angebotenen Standardprogrammsysteme zur Warenwirtschaft im Handel nur selten über die Unterstützung der Abwicklungsbereiche der Handelsbetriebe und die Erstellung kumulierender Statistiken hinausgehen. Bestenfalls werden Dispositionsentscheidungen durch einfache Methoden der Bestellmengenrechnung (wie z. B. die Andler-Formel) und eine Bestellpunktrechnung erleichtert oder sogar automatisiert¹ und Sortimentsentscheidungen durch klassische ABC-Analysen vorbereitet.

Während derart einfache wissenschaftliche Instrumente, wie sie in den heute eingesetzten computergestützten Warenwirtschaftssystemen Verwendung finden, bei der Steuerung einstufiger Distributionssysteme durchaus wertvolle Entscheidungshilfen bieten können, versagen sie beim Management mehrstufiger Distributionssysteme². Diese Anwendungsgrenzen wurden von der Praxis auch erkannt³. Damit ist der Wissenschaft die Aufgabe gestellt, Methoden zu entwickeln, die in mehrstufigen Distributionssystemen dem logistischen Sortiments- und Bestandsmanagement bei der optimalen Festlegung der zu treffenden operativen, taktischen und strategischen Entscheidungen behilflich sein können. Daß sich diese Methoden der modernen Kommunikations- und Informationstechnologien bedienen werden, bedarf nach der vorangegangenen Diskussion keiner weiteren Erläuterung.

¹ Vgl. Schulte, K./ Steckenborn, J./ Blasberg, L., Systeme der Warenwirtschaft im Handel, a. a. O., S. 130 ff.

² Vgl. Abschnitt 2.1.1.1 dieser Arbeit.

³ Vgl. Seitz, N., Automatische Disposition in einem Kooperationssystem: Fallbeispiel V.A.G. aus dem Autoersatzteilhandel, in: Moderne Warenwirtschaftssysteme im Handel, a. a. O., S.217 ff.

1.2 Untersuchungsziele und Untersuchungsstrategie

Intention der vorliegenden Arbeit ist es, ein computergestütztes logistisches Sortiments- und Bestandsmanagementsystem für Großhandelsbetriebe mit mehrstufiger Lagerung zu konzipieren. Im zweiten Abschnitt der Arbeit sollen zunächst die Gründe diskutiert werden, die für eine Ablösung der klassischen Methoden der logistischen Planung, Steuerung und Kontrolle von Beständen und Sortimenten sprechen. Der Abschnitt beginnt mit einer Darstellung und kritischen Analyse der klassischen Sortiments- und Bestandsplanungsmethoden. Es folgt eine kurze Übersicht über die Entwicklung der Kommunikations- und Informationstechnologien sowie deren Nutzungsmöglichkeiten im Rahmen eines fortschrittlichen Sortiments- und Bestandsmanagements.

Das logistische Sortiments- und Bestandsmanagementsystem muß in ein alle Bereiche des Unternehmens umspannendes Management-Informationssystem¹ integriert werden, um den Wechselbeziehungen zu anderen Modulen des Informationssystems Rechnung zu tragen. Aus diesem Grund wird im dritten Abschnitt zunächst ein Management-Informationssystem für Großhandelsbetriebe mit den Teilbereichen Vertriebs-, Logistik- und Finanz-Informationssystem entworfen. Anschließend wird ein Grobkonzept beschrieben, das die hierarchische Untergliederung der Ebenen des Sortiments- und

¹ Der Begriff "Management-Informationssystem" ist in der deutschsprachigen Literatur nicht einheitlich definiert. Wir unterstellen daher im folgenden die in der amerikanischen Literatur vertretene Begriffsabgrenzung. Vgl. hierzu u. a. Kroeber, D. W./ Watson, H. J., Computer-Based Information Systems: A Management Approach, New York 1987 und McLeod, R., Management Information Systems, Chicago 1986.

Bestandsmanagements aufzeigt, die innere Struktur des Systems als Regelkreismechanismus; verdeutlicht und seine Einbindung in das modulare Gesamtsystem offenlegt.

Der vierte Abschnitt wendet sich dem Bestandsmanagement zu. Es werden mehrere mehrstufige Verfahren der Bestandsdisposition, u. a. das Basisbestandssystem, das DRP-System und die Methode der "fair shares", vorgestellt. Als Instrument für die methodische Auswahl eines Verfahrens in einem spezifischen Anwendungsfall wird die Simulation eingeführt. Anhand eines ausgewählten mehrstufigen Distributionssystems werden schließlich beispielhaft ein klassisches und ein modernes Bestandsdispositionssystem durch Simulation bewertet und verglichen. Das moderne Bestandsdispositionsverfahren wird dabei um eine vom Verfasser entwickelte Heuristik zur Optimierung der Transportkosten erweitert.

Im fünften Abschnitt der Arbeit werden Fragen des logistischen Sortimentsmanagements behandelt. Im Vordergrund sind dabei die Problematik der Lagerortwahl (dezentrale Bevorratung oder zentrale Zulieferung) und die Erkennung eliminierungsverdächtiger Artikel zu sehen. Beide Fragestellungen stehen im Mittelpunkt einer logistischen Konzeption für den Aufbau eines computergestützten Sortimentsmanagementsystems, das sich am physischen Distributionsfluß orientiert und die weitgehende Zurechenbarkeit der entscheidungsorientiert gegliederten logistischen Kosten zu einzelnen Artikeln gestattet.

Der sechste Abschnitt schließlich gibt einen kurzen Überblick über die Erkenntnisse der Untersuchung.

2. Klassische Konzepte des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagements für mehrstufige Distributionssysteme und ihre Infragestellung durch moderne Computertechnologien
- 2.1 Kritik klassischer Methoden der logistischen Planung, Steuerung und Kontrolle von Beständen und Sortimenten in mehrstufigen Distributionssystemen
- 2.1.1 Klassische Strategien der Bestandsdisposition
- 2.1.1.1 Anwendung von Verfahren zur Steuerung einstufiger Lagersysteme auf mehrstufige Lagersysteme

Die einfachste Alternative der Steuerung mehrstufiger Distributionssysteme besteht darin, die Mehrstufigkeit zu ignorieren und jede einzelne Warenflussebene autonom zu optimieren. Selbst wenn alle entscheidungsrelevanten Kosten (Bestell-, Bestands- und Fehlmengenkosten) der jeweiligen Lagerstufe bei der Disposition des Lagernachschubs berücksichtigt werden, ist das Anstreben eines Gesamtoptimums mit dieser Methode nicht möglich, da sämtliche dispositiionsrelevanten Informationen der vor- und nachgelagerten Warenflussebenen vernachlässigt werden. Insbesondere die Wirkungen, die von den dispositiven Entscheidungen der betrachteten Lagerstufe auf die jeweils flussaufwärts gelegenen Lagerstufen ausgehen, bedürfen einer modellimmanenten Berücksichtigung.

Abbildung 2.1 verdeutlicht den Waren- und Informationsfluß in einem mehrstufigen Distributionssystem eines Großhandelsunternehmens.

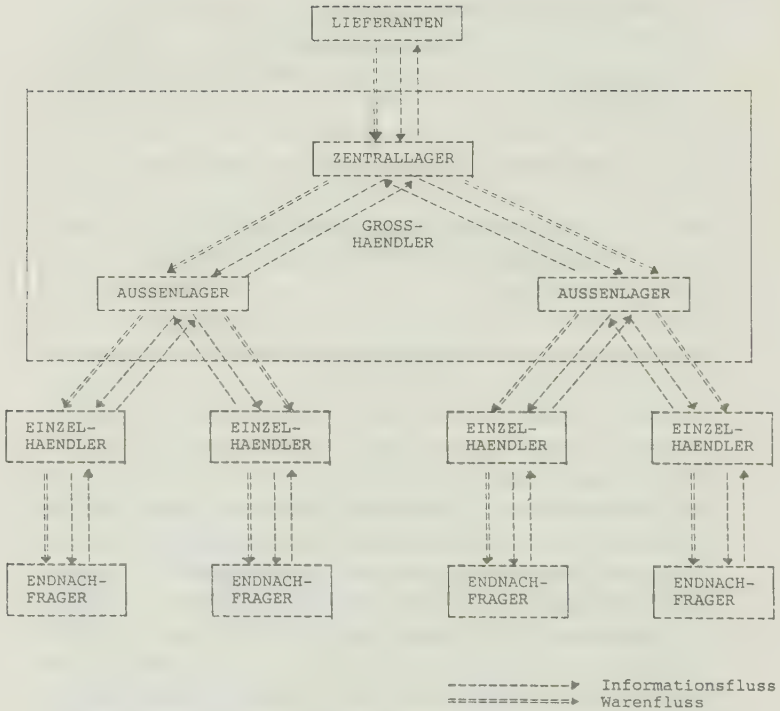


Abb. 2.1: Waren- und Informationsfluss in einem mehrstufigen Distributionssystem eines Großhandelsunternehmens

Das System wurde aus Gründen der übersichtlicheren und anschaulicheren Darstellung vereinfacht. So kann es unter bestimmten Umständen sinnvoll sein, direkte Lieferbeziehungen von den Lieferanten zu den Außenlagern zu unterhalten oder den Außenlagern einen gegenseitigen kurzfristigen Bestandsausgleich bei Fehlmenge in einem Außenlager zu ermöglichen. Bei den skizzierten Warenflußpfeilen handelt es sich auf den übergeordneten Warenflußebenen um Lieferungen, die auch bezüglich ihrer Transportabwicklung disponiert werden müssen. Lediglich auf der untersten Warenflußebene, der Transformation der originären Endnachfrage in den Einzelhandelsabsatz, treten Transportprobleme durch die Aufsplittung des Warenflusses in den Hintergrund.

Die dargestellten Informationsflußpfeile versinnbildlichen, soweit sie flußaufwärts gerichtet sind, Lieferaufträge (Bestellungen) an die vorgelagerten Lagerstufen, oder, soweit sie flußabwärts gerichtet sind, Verfügbarkeits- und Liefertermininformationen für die nachgelagerten Lagerstufen.

Wird nun ein klassisches Dispositionsverfahren zur Steuerung einstufiger Distributionssysteme wie das Bestellpunktverfahren mit fixierter Bestellmenge¹ auf der Außenlagerebene des mehrstufigen Distributionssystems eingesetzt, um die Zeitpunkte der Bestellungen an das Zentrallager zu bestimmen, und verwendet das Zentrallager ein gleichartiges Bestandsdispositionsverfahren, um seine Lieferaufträge

¹ Vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, New York 1985, S. 256 f.

an die Lieferanten zu determinieren, führt dies zu folgenden fehlerhaften Entscheidungen¹:

- Bestellungen werden verspätet ausgelöst. Die Begründung für diesen Fehler liegt darin, daß es durch die Aggregation der originären Nachfrage zu einzelnen Bestellungen zur Bildung von Bedarfsklumpen (in der amerikanischen Literatur "lumpy demands") kommt. Die klassischen Verfahren der Bestandsdisposition eignen sich aber speziell für kontinuierliche Bedarfsverläufe. Die Bedarfsklumpen dagegen sind mit den Verfahren der Zeitreihenextrapolation nicht hinreichend genau prognostizierbar. Aus diesem Grund müßten auf den vorgelagerten Distributionsstufen unverhältnismäßig hohe Sicherheitsbestände vorgehalten werden, um trotz der von den nachgelagerten Stufen ausgehenden klumpigen Bestellungen lieferfähig zu bleiben. Selbst bei einer hohen Sicherheitsbestandshaltung kann das zeitliche Zusammentreffen von Bestellungen vieler Außenlager beim Zentrallager dennoch zur Fehlmengensituation führen. In diesem Fall muß das Zentrallager zunächst über Bestellungen bei den Lieferanten die eigenen Bestände wieder aufstocken, bevor die Lieferaufträge der Außenlager erfüllt werden können. Zu den normalen, in die Bestandsdisposition der Außenlager einkalkulierten Lieferzeiten von dem Zentrallager zu den Außenlagern treten dann noch die Wiederbeschaffungszeiten bei den Lieferanten. Als Folge können auch bei den Außenlagern Fehlmengen auftreten. Festzuhalten bleibt aber, daß die Informationen über den Bestellzeitpunkt der Außenlager nicht erst mit dem

¹ Vgl. auch Martin, A. J., DRP: Distribution Resource Planning, Englewood Cliffs 1983, S. 17 ff.

Auslösen der Bestellung vorliegen, sondern sich die ungefähren Bestellzeitpunkte auch aus einer laufenden Verfolgung der Bestandsentwicklung in den Außenlagern abschätzen ließen. Das Zentrallager wüßte dann bereits vorher, welche Bedarfe der nachgelagerten Flußebenen demnächst zu befriedigen sind und könnte seine eigene Nachschubdisposition darauf abstimmen.

- Bestellungen werden verfrüht ausgelöst. Die Ursache für diesen Fehler ist in der Funktionsweise des Bestellpunktverfahrens begründet. Eine Bestellung wird immer dann ausgelöst, wenn der Bestellpunkt erreicht oder unterschritten wird. Setzt man einen kontinuierlichen Bedarfsverlauf voraus, ist diese Entscheidungsregel auch sinnvoll. In vielen realen Situationen liegen aber schwankende Nachfrageverläufe vor: Auf nachfrageintensive Perioden folgen Perioden mit geringer Nachfrage. Zu Beginn einer nachfrageschwachen Periode ist eine größere Bestellung nicht ratsam, selbst wenn der Bestellpunkt unterschritten wurde. Diese Situationen treten vor allem auf, wenn sich die Gesamtnachfrage nicht aus vielen kleinen Einzelnachfragen, sondern aus wenigen, diskontinuierlichen Nachfrageverläufen zusammensetzt. Das ist aber auf den höheren Distributionsstufen der Fall. Es werden nur unnötige Bestandskosten verursacht, wenn das Zentrallager wegen Unterschreitung des Bestellpunktes seine Bestände auffüllt, obwohl die Außenlager gerade erst beliefert wurden (was ursächlich zu der Unterschreitung des Bestellpunktes führte) und in nächster Zeit daher keine neuen Bestellungen zu erwarten sind. Auch diesem Fall der verfrüht ausgelösten Nachbestellungen könnte durch eine laufende Verfolgung der Bestandsentwicklung in den

nachgelagerten Distributionsstufen begegnet werden.

Zudem hat Forrester mit seinen Simulationsmodellen aufgezeigt¹, daß bei einer autonomen Bestandsdisposition auf den einzelnen Warenflüßebenen die von Stufe zu Stufe flußaufwärts zunehmenden Informationsverzögerungen zu unerwünschten Überreaktionen und Oszillationen im Gesamtsystem führen können.

2.1.1.2 Mathematische Verfahren zur Bestandsdisposition in mehrstufigen Distributionssystemen und deren Anwendungsgrenzen in der Praxis

Um den Nachteilen einer autonomen Bestandsdisposition zu begegnen, wurden Bestandsdispositionsverfahren entwickelt, die auf mathematischen Modellen basieren. Zumeist werden Methoden der Graphentheorie oder die dynamische Optimierung herangezogen, um die Mehrstufigkeit des Distributionssystems modellimmanent zu berücksichtigen². Es ist unbestreitbar, daß einige dieser Ansätze sehr wertvolle Hilfen bei der theoretischen Analyse einzelner Problemgebiete der Bestandsdisposition leisten können. So zeigen z. B.

¹ Vgl. Forrester, J., Industrial Dynamics, M.I.T. Press, Cambridge, Mass., 1961.

² Zu den einzelnen Ansätzen vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., Kapitel 12 und die dort aufgeführte Literatur sowie Jönsson, H./ Silver, E. A., Stock Allocation from a Central Warehouse in a Two-Location Push Type Inventory Control System, in: Inventory in Theory and Practice, Studies in Production and Engineering Economics 6, hrsg. v. Chikan, A., Amsterdam 1986, und die dort aufgeführte Literatur.

Jönsson und Silver¹, daß unter bestimmten Bedingungen in einem Push-System² die Zurückbehaltung von Sicherheitsbeständen auf der Zentrallagerebene sinnvoll sein kann.

Für den täglichen Einsatz in der Praxis erscheinen derartige, auf Optimierungsmodellen fußende Dispositionsregeln allerdings weniger geeignet. Ein wichtiger Hinderungsgrund ist in der komplizierten und spezialisierten Struktur der Modelle zu sehen³. Die Verwendung zu komplexer Modelle widerspricht der postulierten Anforderung an ein computergestütztes Sortiments- und Bestandsmanagementsystem, die Benutzer nicht zu überfordern⁴. Während bei strategischen Entscheidungsproblemen aufgrund ihres nicht repetitiven Charakters, der weitreichenden ökonomischen Konsequenzen von Fehlentscheidungen und der eingeschränkten Möglichkeiten zur Revision von einmal getroffenen Entscheidungen der Gebrauch von theoretisch anspruchsvollen Optimierungsverfahren gerechtfertigt ist, treten diese Aspekte bei operativ-taktischen Entscheidungsproblemen in den Hintergrund. An Bedeutung gewinnt dagegen das Verständnis der Systemanwender, speziell der Bestandsdisponenten, für die verwendeten Entscheidungsregeln. Das Tagesgeschäft eines Bestandsdisponenten ist durch eine Vielzahl operativ-taktischer Entscheidungen gekennzeichnet, die jede für sich allein zwar den Unter-

¹ Vgl. Jönsson, H./ Silver, E. A., a. a. O.

² Vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., S. 483 ff.

³ Vgl. Boulden, J. B., Computer-Assisted Planning Systems, New York 1975, S. 242.

⁴ Vgl. Abschnitt 2.3 dieser Arbeit.

nehmenserfolg nicht nennenswert beeinflussen, zusammengekommen aber große Auswirkungen auf die Bestands-, Bestell- und Fehlmengenkosten und die Lieferfähigkeit haben. Jede dieser Entscheidungen mit umfangreichen Optimierungsrechnungen zu unterstützen, bleibt oft gar keine Zeit. Zudem sind reale Entscheidungssituationen durch sich häufig ändernde Umweltdaten, wie Lieferzeiten oder Nachfragewerte charakterisiert. Zu spezialisierte Modelle, die z. B. normalverteilte Endnachfragen voraussetzen, sind hier wenig hilfreich.

Stattdessen muß darauf geachtet werden, daß die Systemanwender bei Änderungen der Umweltdaten flexibel reagieren können. Diese Möglichkeit des gezielten Eingreifens und des Übersteuerns von Modellergebnissen besteht aber nur dann, wenn die Bestandsdisponenten Verständnis für die Funktionsweise der angewendeten Modelle und der daraus resultierenden Entscheidungsregeln entwickelt haben. Zu komplizierte Optimierungsmethoden sind deshalb für Praxisanwendungen auf dem Gebiet der Bestandsdisposition nicht zu empfehlen. Die durch den Einsatz von primitiveren Modellen eventuell hinzunehmenden Verschlechterungen werden durch das Verständnis der Anwender in die Funktionsweise der Modelle mehr als ausgeglichen. "Perhaps the most significant change in emphasis that has occurred since the computer first came on the scene is the de-emphasis of the computer and the techniques and the re-emphasis of the importance of people."¹

¹ Vgl. Martin, A. J., DRP: Distribution Resource Planning, a. a. O., S. 2.

2.1.2 Die Trennung von Lager- und Transportsteuerung als Grundelement klassischer Logistiksysteme

Ein bestimmendes Element in der Konzeption klassischer Logistiksysteme ist die separate Behandlung der Lager- und Transportsteuerung. Für beide Bereiche wurde eine Vielzahl von computergestützten Steuerungsmethoden entwickelt, so im Lagerbereich u. a. Modelle zur Bestandssteuerung¹ und im Transportbereich Methoden zur Tourenplanung² und Beladungsoptimierung. Oft stehen die Lager- und die Transportsteuerung in einem direkten gegenseitigen Datenaustausch zueinander. Ein Beispiel hierfür ist die tourenbezogene Erzeugung von Kommissionierlisten. Kennzeichnend ist aber, daß es zu keiner automatischen Rückkoppelung zwischen den Resultaten der Transport- und der Lagersteuerung kommt. Wenn z. B. Fahrzeugkapazitäten überschritten werden, ist ein zusätzliches Eingreifen des Tourendisponenten erforderlich.

Um die besondere Bedeutung einer kombinierten Lager- und Transportsteuerung für mehrstufige Distributionssysteme darlegen zu können, muß zunächst eine begriffliche Abgrenzung vorgenommen werden. Bezugnehmend auf Abbildung 2.1³ sind aus der Sicht des

1 Vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., S. 256 ff.; Brown, R. G., Inventory Control, in: Handbook of Operations Research (Models and Applications), hrsg. v. Morder, J. J./ Elmaghraby, S. E., New York 1978, S. 173 ff.

2 Vgl. Diruf, G., Probleme und Entwicklungstendenzen der computergestützten Tourenplanung, Bamberger Betriebswirtschaftliche Beiträge, Nr. 67, Bamberg 1988.

3 Vgl. S. 24.

Großhandelsbetriebes unter Primärtransporten alle Transporte zu verstehen, die von den Lieferanten an das Zentrallager gerichtet sind. Mit Sekundärtransporten seien die Lieferungen vom Zentrallager zu den Außenlagern und mit Tertiärtransporten die Lieferungen von den Außenlagern an die Kunden des Großhandelsbetriebes, die Einzelhändler, bezeichnet. Unter Berücksichtigung der alternativen Kooperationsformen zwischen Lieferanten, Groß- und Einzelhändlern lassen sich für jede der Transportarten Vorteile durch eine simultane Lager- und Transportsteuerung aufzeigen. Deutlich wird dies vor allem am Beispiel der Sekundärtransporte.

Es sei zunächst angenommen, daß die Sekundärtransporte von einem großhandelseigenen Fuhrpark ausgeführt werden. Sofern ein Außenlager beim Zentrallager einen oder mehrere Artikel nachbestellt, muß ein Transport durchgeführt werden. Die kilometerabhängigen Transportkosten (Treibstoffkosten, Reparaturaufwendungen und kilometerabhängige Abschreibungen) und eventuelle Lohnzuschläge für die Fahrer fallen dabei unabhängig von dem Auslastungsgrad der Transportkapazität an. Mit Ausnahme der variablen Kommissionier- und Handlingskosten entstehen somit keine zusätzlichen Kosten, wenn eine Zuladung bis zur Höhe der freien Transportkapazität vorgenommen wird. Für eine derartige Zuladung kommen vor allem zentral gehaltene Sicherheitsbestände oder Bestände von Artikeln in Frage, die von dem betreffenden Außenlager in naher Zukunft ohnehin nachdisponiert würden. Umgekehrt können bei einer simultanen Lager- und Transportsteuerung auch Lieferungen umdisponiert werden, sofern die Transportkapazität des Lieferfahrzeuges überschritten wird. In diesem Fall ist z. B. die zeitliche Verschiebung einer Teillieferung

auf die turnusmäßig nächste Belieferung des Außenlagers möglich, sofern das hierfür eingeplante Fahrzeug noch freie Kapazitäten aufweist und das Außenlager bis zum Eingang der Lieferung lieferfähig bleibt.

Auch wenn eine Spedition mit der Durchführung der Sekundärtransporte beauftragt wurde, lassen sich durch eine kombinierte Lager- und Transportsteuerung Einsparungen erzielen. Ist für einen Transport unabhängig von der Fahrzeugauslastung ein pauschales Entgelt vereinbart, gelten die obigen Ausführungen analog. Wird jedoch nach den Ladungsklassen des Reichskraftwagentarifes (RKT) abgerechnet, können Frachtersparnisse durch eine Aufstockung des Effektivgewichtes der Ladung bis zum frachtpflichtigen Gewicht der jeweiligen Ladungsklasse realisiert werden¹. Ist z. B. eine Ladung von 9 t zu befördern, wird die Schnittgewichtsgrenze zwischen dem 5 t-Ladungssatz und dem 10 t-Ladungssatz überschritten². Eine Abrechnung im 10 t-Ladungssatz ist somit günstiger, obwohl bei Anwendung dieses Frachtsatzes ein frachtpflichtiges Mindestgewicht von 10 t zugrundegelegt wird. Die Zuladung einer weiteren Tonne wirkt sich dann auf das Frachtentgelt nicht aus, da sich das frachtpflichtige Gewicht durch die Zuladung nicht erhöht.

¹ Vgl. Reichskraftwagentarif, hrsg. v. Bundesverband des Deutschen Güterfernverkehrs (BDF) e. V., Teil II, 1. Vorschriften für die Frachtberechnung, Punkt 7.

² Zu den Schnittgewichten zwischen den einzelnen Klassen des RKT-Ladungstarifes vgl. RKT (Reichskraftwagentarif für den Güterfernverkehr), hrsg. vom Verlag Heinrich Vogel, München 1988, S. 40.

Mit der Bildung des gemeinsamen Marktes in der Europäischen Gemeinschaft ab 1992 ist der RKT nicht mehr gesetzlich verankerter Maßstab für die Frachtberechnung von Ferntransporten innerhalb der Bundesrepublik Deutschland. Dennoch bleibt der RKT eine wichtige Hilfsgröße zur Festsetzung der Frachtsätze, da es in vielen Speditionen und Transportunternehmen an einer funktionierenden Kosten- und Leistungsrechnung mangelt. In jedem Fall wird ein Spediteur, auch und gerade bei grenzüberschreitenden Transporten, die Übernahme von Ganzwagenladungen durch besonders günstige Frachtsätze honorieren.

2.1.3 Das klassische logistische Sortimentsmanagement

Die Produkt- und Sortimentspolitik wird gelegentlich als das "Herz des Marketing" bezeichnet¹. Insbesondere bei Neuproduktentscheidungen geht es um "... das Erkennen und die richtige Beurteilung von Marktchancen"² und damit um die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und des Wachstums der Unternehmung. Die Logistik im Großhandelsbetrieb kann bei Neuproduktentscheidungen das Marketing nur mittelbar unterstützen. So können die Kontakte der Einkaufsabteilung zur Industrie genutzt werden, um möglichst frühzeitig Informationen über neue Produkte zu gewinnen und gegenüber der Konkurrenz Vorteile z. B. durch die Gewährung von Alleinvertriebsrechten zu erlangen.

¹ Vgl. Meffert, H., Marketing (Einführung in die Absatzpolitik), Wiesbaden 1977, S. 331.

² Vgl. ebd., S. 339.

Ein viel bedeutenderer Beitrag der Logistik zum Sortimentsmanagement liegt dagegen in der fortlaufenden Aufzeichnung der artikelspezifischen Kostenverursachung. In der betriebswirtschaftlichen Literatur wird bemängelt, daß Sortimentsentscheidungen häufig allein auf der Basis von erlösorientierten Daten getroffen werden¹. "Genaue artikelspezifische Verlagerungs- und Selektionsentscheidungen im Rahmen der Sortimentspolitik lassen sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht jedoch nur dann treffen, wenn auch diejenigen Kosten in die Entscheidungsrechnung einbezogen werden, die durch den zu prüfenden Artikel selbst verursacht worden sind. Als Voraussetzung für derartige auch die Kosten der artikelspezifischen Warenbewegung einschließenden weiterführenden Rentabilitätsanalysen gelten allerdings umfangreiche Untersuchungen auf der Grundlage von Zeitstudien, Flächen- und Raumvermessungen sowie Gewichtsermittlungen, die wegen der Art der Mengenbezüge im Bereich des Großhandels in der Regel erheblich einfacher durchzuführen sind als im Einzelhandelsbetrieb"². Die klassischen umsatzorientierten Methoden des Sortimentsmanagements, wie die kurzfristige

¹ Vgl. Meffert, H., Marketing, a. a. O., S. 348; Barth, K., Rentable Sortimente im Handel: Zufall oder Ergebnis operabler Entscheidungstechniken?, in: Sonderhefte der Mitteilungen des Instituts für Handelsforschung an der Universität Köln, hrsg. v. Sundhoff, E., Sonderheft 26, Göttingen 1980, S. 66.

² Vgl. Barth, K., Rentable Sortimente im Handel, a. a. O., S. 70 f.

Ergebnisrechnung auf Basis von Handelsspannen¹ u. a. m., müssen deshalb durch Sortimentsstrukturanalysen abgelöst werden, die z. B. in Form einer Deckungsbeitragsrechnung auch der artikelspezifischen Kostenverursachung Rechnung tragen. Das durch derartige artikelbezogene Kosten- und Erlösrechnungen zu unterstützende Alternativenspektrum sortimentspolitischer Entscheidungen beschränkt sich in mehrstufigen Distributionssystemen nicht allein auf die Fortführung oder Streichung eines Artikels. Vielmehr ist durch die Zentralisierung von Sortimentsteilen auch eine stufenweise voranschreitende Service- und Kostenreduktion bei Artikeln mit zurückgehender Kundennachfrage denkbar, sofern dieser Vorgehensweise keine bedeutenden Marketingerwägungen entgegenstehen. Die logistischen Steuerungs- und Kontrollverfahren müssen daher geeignete Artikel identifizieren und logistische Alternativen der Bestandshaltung bewerten können, um das Marketing-Management mit entscheidungsrelevanten Informationen zu versorgen. Ein solcher Beitrag kann von den klassischen umsatzorientierten Methoden des Sortimentsmanagements nicht erbracht werden.

¹ Vgl. Barth, H., Kosten- und Leistungsrechnung im Handel, 2. Auflage, Wiesbaden 1985, S. 124 ff.; Röhrenbacher, H., Die Kosten- und Leistungsrechnung im Handelsbetrieb unter besonderer Berücksichtigung der industriellen Vertriebskosten- und Absatzsegmenterfolgsrechnung, Berlin 1985, S. 148 ff.

2.2 Nutzungsmöglichkeiten fortschrittlicher Computer- und Informationssysteme zur simultanen und integrierten Planung, Steuerung und Kontrolle von Beständen und Sortimenten in mehrstufigen Distributionssystemen

Die Herleitung alternativer Konzepte des Sortiments- und Bestandsmanagements, die die beschriebenen Mängel der klassischen Methoden zu vermeiden versuchen, fußt auf der Neu- und Weiterentwicklung von Hardware- und Software-Komponenten als Bestandteilen integrierter Computer- und Telekommunikationssysteme. Ein ausführlicher Überblick über den aktuellen Stand der Computer- und Telekommunikationstechnologie kann an dieser Stelle nicht gegeben werden, stattdessen sei auf die Fachliteratur verwiesen¹. Es muß zudem hervorgehoben werden, daß es sich bei den Computer- und Telekommunikationssystemen um Instrumente handelt, deren sich die fortschrittlicheren Systeme des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagements bedienen. Da die Gestaltung neuerer betriebswirtschaftlicher Konzepte des Sortiments- und Bestandsmanagements aber untrennbar mit der Nutzung adäquater Instrumente der Computer- und Telekommunikationstechnologie verbunden ist, seien kurz einige besonders wichtige Neu- und Weiterentwicklungen auf diesem Sektor sowie deren Nutzungsmöglichkeiten angeführt:

- Seit Mitte der 70er Jahre werden sogenannte Mini-computer angeboten, die sich von den Großcomputern

¹ Vgl.: Kroeber, D. W./ Watson, H. J., Computer-Based Information Systems: A Management Approach, a. a. O.; McLeod, R., Management Information Systems, a. a. O.; Shave, M. J./ Bhasker, K. N., Computer Science Applied to Business Systems, London 1982.

durch geringere Speicherkapazitäten, eine begrenzte Zahl von anschließbaren Input- und Outputgeräten und langsamere Verarbeitungsgeschwindigkeiten unterscheiden. Ein typisches System besteht aus der Zentraleinheit, mehreren Plattenlaufwerken, einem Schnelldrucker, möglicherweise einigen Magnetbandgeräten und mehreren Bildschirmgeräten¹. Da der Preis eines solchen Computersystems deutlich unter dem Preis eines Großcomputers liegt, wurden die Minicomputer von größeren, weitverzweigten Unternehmen benutzt, um Rechenkapazitäten in begrenztem Ausmaß zu dezentralisieren². Im Gegensatz zu einer vollständig dezentralen Verteilung der Computerkapazität sind die Minicomputer aber häufig über Telekommunikationsleitungen mit einem Großcomputer in der Unternehmenszentrale verbunden.

Die Wirtschaftlichkeit lokaler Computersysteme wurde durch die erst seit wenigen Jahren eingesetzten Mikrocomputer (PCs) zusätzlich erhöht. Mikrocomputer finden zu einem Preis von nur wenigen tausend DM als intelligente Terminals oder als autonome Computersysteme Verwendung. Die Standardkonstellation eines Mikrocomputers besteht aus der Zentraleinheit, der Tastatur, einem Display, Diskettenlaufwerken und einem Drucker³. Neuere Systeme, wie das IBM PS/2 Modell 80 sind durch die hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit und den stark

¹ Vgl. McLeod, R., Management Information Systems, a. a. O., S. 157.

² Vgl. ebd., S. 293.

³ Vgl. ebd., S. 157.

erweiterten Arbeitsspeicher sogar für die Ausführung komplexer Simulationsprogramme geeignet.

- Mit der Verfügbarkeit von leistungsfähiger Hardware und Software zur Datenkommunikation über größere Entfernungen wurde die Vernetzung von dislozierten Computersystemen ermöglicht. Während in einem ersten Schritt zur dezentralen Vorhaltung von Computerkapazität, der für die USA auf die Jahre 1958 bis 1965 angesiedelt wird¹, keine direkte Kommunikation zwischen den einzelnen Computern stattfinden konnte, ist der Datenaustausch zwischen einem Zentralrechner und verteilten Computersystemen oder zwischen gleichrangigen Computern heute bei kompatiblen Systemen ohne große Schwierigkeiten möglich. Mit Stand- und Wählleitungen stehen sogar mehrere Alternativen der Datenübertragung zur Verfügung. Ein schwerwiegendes Problem, insbesondere für Computernetzwerke, an denen mehrere Unternehmen beteiligt sind, stellt sich allerdings durch die Inkompatibilität der unterschiedlichen Computersysteme. Hier sind aber Entwicklungen in Gang gekommen, die auf einheitliche Kommunikationsstandards abzielen.
- Eine wesentliche Erleichterung für alle datenintensiven computergestützten Planungs-, Steuerungs- und Kontrollverfahren sind die Datenbankverwaltungssysteme (data base management systems)². Vorteile eines Datenbankverwaltungssystems sind eine geringere Redundanz der Datenhaltung, eine verbesserte Datenkonsistenz, kürzere Verarbeitungszeiten

¹ Vgl. McLeod, R., Management Information Systems, a. a. O., S. 293.

² Vgl. Kroeber, D. W./ Watson, H. J., Computer-Based Information Systems a. a. O., S. 151 ff.

und die Möglichkeit, die gespeicherten Daten auf einfache Weise mehreren alternativen Anwendungen zugänglich zu machen. Datenbankverwaltungssysteme sind sowohl für Großcomputer (z. B. ORACLE) als auch für Mini- und Microcomputer (z. B. R:base, ORACLE) erhältlich.

- Als letzte hier aufgeführte bedeutende Neuentwicklung der letzten Jahre auf dem Gebiet der Computertechnologie seien die Inputmedien zur mobilen Datenerfassung genannt. Mit Infrarotlicht-Pistolen, Laser-Scannern und anderen mobilen Erfassungsgeräten können Strich-Codierungen (bar codes) oder andere optische Kennzeichen an der Ware oder an den Einlagerungsplätzen etc. abgelesen werden. Personalintensive Datenerfassungsvorgänge können damit grundlegend rationalisiert werden.

Faßt man die beschriebenen Neu- und Weiterentwicklungen der Computer- und Informationstechnologie im Hinblick auf ihre Anwendungen zusammen, so sind einige Nutzungsvorteile im Rahmen eines fortschrittlichen Sortiments- und Bestandsmanagements für mehrstufige Distributionssysteme besonders hervorzuheben. Gerade wenn mehrstufige Lagersysteme, sei es das aus einem Zentrallager und mehreren Außenlagern bestehende Distributionssystem eines Großhändlers oder eine Großhandelskooperation mit zentralisierter Sicherheitsbestandshaltung, von einem einheitlichen integrierten Sortiments- und Bestandsmanagement gesteuert werden sollen, ist die laufende Übermittlung aktueller Bestandsinformationen und anderer Daten zwischen den einzelnen Lagerorten unbedingt erforderlich. Wie bereits bei der kritischen Analyse der klassischen Bestandsdispositionsverfahren aufgezeigt, können Fehldispositionen durch die konse-

quente Nutzung vorhandener Informationen verringert werden. Aufgrund der neueren Entwicklungen in der Computer- und Informationstechnologie ist es in vielen Fällen wirtschaftlich vertretbar, alle Lagerorte eines mehrstufigen Distributionssystems mit Computern auszustatten und die Computer ihrerseits miteinander zu vernetzen. Entscheidungen, die auf einer höheren Stufe des Distributionssystems getroffen werden, verarbeiten dann bereits Informationen über die gegenwärtigen Systemzustände der nachgelagerten Distributionsstufen. Komfortable Inputmedien wie die Geräte der mobilen Datenerfassung gewährleisten, daß der mit einigen physischen Operationen des Warenhandlings verbundene enorme Datenerfassungsaufwand (Wareneingangserfassung, Warenausgangserfassung) auch ohne größere Zeitverzögerungen erbracht werden kann und die Aussagefähigkeit des Informationssystems nicht beeinträchtigt wird. Die Datenbankverwaltungssysteme schließlich sorgen für eine einheitliche und konsistente Speicherung der laufend anfallenden Daten und halten diese bereit für rollierende oder fallweise angeforderte Auswertungen des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagements.

2.3 Anforderungen an ein computergestütztes logistisches Sortiments- und Bestandsmanagementsystem

Ein modernes Sortiments- und Bestandsmanagementsystem muß den folgenden Anforderungen genügen:

- Das System muß in sich geschlossen sein, d. h. sowohl die operativen als auch die taktischen und strategischen Entscheidungstatbestände des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagements müssen unterstützt werden. Dabei muß das Sortiments- und Bestandsmanagementsystem das Gesamtoptimum für das mehrstufige Distributionssystem anstreben und die Realisierung von Suboptima auf den einzelnen Stufen des Distributionssystems vermeiden. Diese Forderung implementiert eine hinreichende Validität der Modellergebnisse.
- Das logistische Sortiments- und Bestandsmanagementsystem muß innerhalb eines Management-Informationssystems, das alle Unternehmensbereiche übergreifend steuert, eingebettet sein. Diese Forderung ergibt sich aus der gegenseitigen Nutzung von Informationen, die in dem logistischen Sortiments- und Bestandsmanagementsystem einerseits und den anderen Komponenten des übergeordneten Management-Informationssystems andererseits aufbereitet werden. So ist das logistische Sortiments- und Bestandsmanagementsystem häufig auf im Vertriebsbereich erstellte Absatzpläne angewiesen, während die Herleitung von Unternehmenskennzahlen auch die Einbeziehung aggregierter logistischer Daten erfordert.

- Das logistische Sortiments- und Bestandsmanagementsystem soll auf einer einheitlichen Datenbasis in Form einer Datenbank aufsetzen. Nur auf diese Weise ist es möglich, Datenfehler, die aus einer redundanten Datenhaltung entstehen, zu verhindern. Gleichzeitig ist gewährleistet, daß auch die anderen Komponenten des Management-Informationssystems über eine einheitliche Schnittstelle zu dem logistischen Sortiments- und Bestandsmanagementsystem verfügen. Bei der Einrichtung der Datenbank ist auf eine hinreichende Flexibilität gegenüber späteren Informationsbedarfen zu achten.

- Die Datenbasis muß auf operationale Weise ermittelt und fortgeschrieben werden können. Es dürfen mit der Ausnahme von Stammdaten nur solche Daten einbezogen werden, die maschinell aus anderen DV-Verfahren oder Dateien übernommen oder aus anderen im maschinellen Zugriff befindlichen Daten berechnet werden können. Die Verwendung aggregierter Kostenwerte bleibt hiervon unberührt.

- Das logistische Sortiments- und Bestandsmanagementsystem darf seine Benutzer nicht überfordern. Die Spannweite der Benutzer reicht von den Bestandsdisponenten auf der operativen Ebene bis hin zur Unternehmensleitung bei der Festlegung strategischer Entscheidungen. Es ist darauf zu achten, daß die jeweiligen Benutzer nicht mit Informationen überflutet werden, sie andererseits aber zum richtigen Zeitpunkt mit allen notwendigen Informationen versorgt werden. Dabei sind die Benutzer so weit wie möglich von allen Routinearbeiten, die keine dispositiven Kenntnisse verlangen, zu entlasten.

- In das logistische Sortiments- und Bestandsmanagementsystem ist ein kontinuierlich arbeitendes Kontroll- und Warnsystem zu integrieren. Dieses Kontroll- und Warnsystem weist die Benutzer auf größere Abweichungen zwischen Ist- und Sollwerten (z. B. prognostizierten und tatsächlichen Wiederbeschaffungszeiten) hin, die ein manuelles Eingreifen erfordern, oder nimmt selbständig Korrekturen vor, soweit automatisierbare Entscheidungsregeln bestehen.
- Das logistische Sortiments- und Bestandsmanagementsystem muß robust sein. Spätere Änderungen in der Struktur des Distributionssystems durch Reduzierung oder Erhöhung der Lagerzahl dürfen die Funktionsweise des Systems ebenso wenig beeinträchtigen wie eine Umstellung der Transporte von eigenem Fuhrpark auf Speditionen oder Umwälzungen im Sortiment.
- Das System muß modular aufgebaut sein. Diese Forderung dient der Übersichtlichkeit im Hinblick auf eine spätere Weiterentwicklung oder Betreuung durch die DV-Abteilung. Außerdem wird durch den modularen Aufbau eine voneinander unabhängige Einführung der einzelnen Systemmodule ermöglicht. Parallel laufende organisatorische Umgestaltungen können auf diese Weise entzerrt werden.

3. Einbettung eines logistischen Sortiments- und Bestandsmanagementsystems in ein modulares Integrationsmodell

3.1 Entwurf eines Management-Informationssystems für Großhandelsbetriebe

3.1.1 Grundstruktur des Management-Informationssystems

In Abschnitt 2.3 dieser Arbeit¹ wurde erwähnt, daß das logistische Sortiments- und Bestandsmanagementsystem integraler Bestandteil eines bereichsübergreifenden Management-Informationssystems sein muß, um eine gesamtheitliche Steuerung des Unternehmens zu ermöglichen. Bevor die einzelnen Ebenen des Sortiments- und Bestandsmanagementsystems beschrieben werden, soll daher zunächst die Struktur des übergeordneten Management-Informationssystems aufgezeigt werden.

Aufgabe eines Management-Informationssystems ist es, das Management bei der Entscheidungsfindung in organisierten soziotechnischen Systemen² durch die Gewährung relevanter Informationen zu unterstützen³. Zur Bewältigung dieser Zielsetzung ist es erforderlich, daß alle in einem Großhandelsbetrieb wesentlichen Teilbereiche und -funktionen des Unternehmens durch das Informationssystem abgebildet werden.

¹ Vgl. S. 42.

² Vgl. Hanssmann, F., Einführung in die Systemforschung, München 1978, S. 22.

³ Vgl. Kroeber, D. W./ Watson, H. J., Computer-Based Information Systems, a. a. O., S. 7; McLeod, R., Management Information Systems, a. a. O., S. 17 ff.

McLeod¹ differenziert ein allgemeines Management-Informationssystem für Industriebetriebe nach den Subsystemen "Vertriebs-Informationssystem", "Produktions-Informationssystem" und "Finanz-Informationssystem", die auf der Ebene des Top-Managements von einem spezifischen Informationssystem zur Unterstützung strategischer Entscheidungen überlagert werden. Kroeber und Watson² erweitern die Subsystemebene durch ein "Personal-Informationssystem", verzichten aber auf ein eigenes Informationssystem für das Top-Management. Das Modell eines Management-Informationssystems, das bei den nachfolgenden Ausführungen unterstellt wird, verwendet Elemente von beiden Gliederungsansätzen. Ein separates Informationssystem zur Unterstützung strategischer Entscheidungen wird nicht als notwendig erachtet, da bei entsprechender Abgrenzung der Systeminhalte alle dafür benötigten Informationen aus den funktionalen Subsystemen gewonnen werden können. Der Personalbereich findet ebenfalls keine explizite Berücksichtigung. Stattdessen sind die Personalsteuerungsfunktionen (z. B. Vertreterereinsatzplanung, Steuerung der manuellen Kommissionierung etc.) in die jeweiligen Funktionalbereiche integriert; die gesamte Personalabrechnung wird als Teilsystem des Finanzbereiches angesehen. An die Stelle des Produktions-Informationssystems tritt im Großhandelsbetrieb das Logistik-Informationssystem, das die Teilbereiche Einkauf, Lagerung und Distribution abdeckt. Der Aufbau des gesamten Management-Informationssystems wird in Tabelle 3.1 dargestellt.

¹ Vgl. McLeod, R., Management Information Systems, a. a. O., S. 483 ff.

² Vgl. Kroeber, D. W./ Watson, H. J., Computer-Based Information Systems, a. a. O., S. 271 ff.

Management-Informationssystem für Großhandelsbetriebe		
Vertriebs- informations- system	Logistik- informations- system	Finanz- informations- system

Tab. 3.1: Aufbau eines Management-Informationssystems für Großhandelsbetriebe

3.1.2 Teilbereich "Vertriebs-Informationssystem"

Das Vertriebs-Informationssystem (vgl. Tab. 3.2) beinhaltet die Module

- (1) Auftragsbearbeitung,
- (2) Absatzplanung und -prognose und
- (3) Einsatzplanung und -steuerung von Marketinginstrumenten.

Es sei angemerkt, daß andere Einteilungen als die hier vorgenommene jederzeit möglich sind. Das vorliegende Modell eines Management-Informationssystems berücksichtigt Module, die entweder für unabdingbar gehalten werden (z. B. Fakturierung, Preisfestsetzung, Lohn- und Gehaltsbuchhaltung), oder die wichtige Datenlieferanten des Moduls "Logistisches Sortiments- und Bestandsmanagement" sind (z. B. Lieferqualitätskontrolle).

VERTRIEBS-INFORMATIONSSYSTEM						
AUFTRAGSBEARBEITUNG			ABSATZPLANUNG UND -PROGNOSE		EINSATZPLANUNG UND -STEUERUNG VON MARKETINGINSTRUMENTEN	
AUFTRAGS- ERFASSUNG, AUFTRAGS- DATENKON- TROLLE, BONITÄTS- PRÜFUNG, BESTANDS- PRÜFUNG	LIEFER- QUALITÄTS- KONTROLLE, AUFZEICH- NUNG DER MASSNAHMEN ZUR ABWEN- DUNG VON FEHLMENGEN UND BEI EINGETRE- TENER FEHL- MENGE	AUFTRAGS- DISPOSI- TION: VERWALTUNG VON SOFORT-, TERMIN-, RÜCKSTANDS- UND REGULA- REN AUFTRÄ- GEN	FAKTURIE- RUNG: VOR- ODER NACHFAKTU- RIERUNG	ERSTELLUNG REGIONALER NACHFRAGE- PROGNOSEN; EINSATZ MATHEMATI- SCHER PRO- GNOSEMODEL- LE; AUF- ZEICHNUNG DER PROGNO- SEFEHLER	STRATEGI- SCHES MARKT- UND SORTIMENTS- MANAGEMENT	VERTRETER- EINSATZ- PLANUNG
					WERBEMASS- NAMEN	PREISFEST- SETZUNG
						LIEFER- SERVICE- VORGABEN, DIFFEREN- ZIERUNG NACH SORTI- MENTSKLAS- SEN UND ABSATZTRE- GIONEN MÖGLICH

Tab. 3.2: Aufbau des Vertriebs-Informationssystems

zu (1):

Das Modul "Auftragsbearbeitung"¹ untergliedert sich in die Auftragserfassung, die Lieferqualitätskontrolle, die Auftragsdisposition und die Fakturierung. Die Auftragserfassung liefert wichtige Informationen für das Modul "Absatzplanung und -prognose": Insbesondere bei telefonisch getätigten Verkäufen können nur an dieser Stelle die originären Kundennachfragen festgehalten werden. Bei Vertreterverkäufen ist sicherzustellen, daß die originären Kundennachfragen parallel mitgeführt und erfaßt werden. Andernfalls werden die historischen Nachfragedaten als Basis für die Erstellung der Nachfrageprognose durch getroffene Substitutionsmaßnahmen im Fehlmengefall verfälscht. Wird z. B. einem Kunden anstatt des gewünschten, aber kurzfristig nicht lieferbaren Artikels ein verwandter Artikel angeboten und von dem Kunden akzeptiert, ist aus den reinen Absatzdaten der ursprüngliche Kundenwunsch, der Ausgangspunkt der Absatzplanung sein sollte, nicht mehr ablesbar.

Eng verbunden mit der Auftragserfassung ist die Kontrolle der Lieferqualität. Auch hier ist darauf zu achten, daß Substitutionsmaßnahmen bei Bestandsengpässen die ausgewiesene Lieferbereitschaft nicht günstiger darstellen als tatsächlich vorhanden. Neben der Lieferqualität sind auch alle Maßnahmen zur Fehlmengenabwendung wie das Umlenken der Kundennachfrage auf verwandte Artikel, die Bestandsauffüllung aus anderen Lägern, Eilbestellungen oder zusätzliche Handlingsvorgänge als Voraussetzung für eine mög-

¹ Vgl. hierzu Skjoett-Larsen, T., Integrated Information Systems for Materials Management, in: International Journal of Physical Distribution & Materials Management, Vol. 8, 1977, S. 90 f.

lichst genaue Quantifizierung der Fehlmengenkosten zu erfassen.

Die Auftragsdisposition verwaltet die eingegebenen Kundenaufträge, klassifiziert nach Sofort-(Abhol-), Termin-, Rückstands- und regulären Aufträgen. Ein intensiver Datenaustausch besteht mit den Modulen "Absatzplanung und -prognose" und "Lagerhaussteuerung und -abwicklung". Die Erstellung der kurz- und mittelfristigen Absatzpläne basiert nicht allein auf Vergangenheitsdaten, sondern gewinnt durch die Berücksichtigung der bereits vorhandenen Kundenaufträge, insbesondere größerer nicht-zyklischer Terminaufträge, an Genauigkeit. Im Modul "Lagerhaussteuerung und -abwicklung" werden vor allem die Lagerbestandsführung und die Kommissionierung und Bereitstellung angesprochen. Bei einer On-line-Auftragsbearbeitung müssen Sofort- und Reguläraufträge unmittelbar vom Lagerbestand abgebucht werden, damit für die Erfassung später eintreffender Aufträge ein realitätsgetreues Bild der Bestandssituation zur Verfügung steht. Terminaufträge dagegen sollten nach Möglichkeit erst durch noch zu disponierende Lieferantenbestellungen abgesichert werden, um vorhandene Lagerbestände nicht zu blockieren. Die Ausgangsdaten für die Kommissionierung und Warenbereitstellung werden ebenfalls in der Auftragsdisposition erzeugt und termingerecht an das Modul "Lagerhaussteuerung und -abwicklung" weitergeleitet.

Die Auftragsbearbeitung wird durch die Rechnungsstellung abgeschlossen. Die entsprechenden Datensätze werden dem Finanzbuchhaltungssystem übermittelt.

zu (2):

Das Modul "Absatzplanung und -prognose" unterteilt sich in die Erstellung regionaler Nachfrageprognosen und Absatzpläne und in das strategische Markt- und Sortimentsmanagement. Kurz- bis mittelfristige Nachfrageprognosen sind unverzichtbare Informationen für das logistische Bestandsmanagement und den Wareneinkauf. Die Herleitung der Prognosen kann durch den Einsatz mathematisch-statistischer Prognoseverfahren unterstützt werden. Mathematische Modelle allein sind aber für die Aufstellung guter Absatzpläne nicht ausreichend. Vielmehr müssen Fachleute des Vertriebsbereiches ihr Spezialwissen über Sortimentszusammenhänge, geplante Marketing-Maßnahmen, Kundenverhalten etc. in die Absatzpläne einbringen. In der amerikanischen Literatur spricht man in diesem Zusammenhang von Marketing-Intelligenz¹.

Neben der revolvierenden Aufstellung der Absatzpläne müssen auch die Prognosefehler regelmäßig ausgezeichnet und fortgeschrieben werden. Die Lieferservicevorgaben des Marketing-Managements können nur dann bei angemessenen Logistikkosten erfüllt werden, wenn sich die artikelbezogenen Sicherheitsbestände an der Genauigkeit der Nachfrageprognose orientieren. Ein Beispiel für ein einfaches Prognosemodell mit Prognosefehlerfortschreibung ist in Abschnitt 4.3.4.3 dieser Arbeit² aufgeführt.

Aufgabe des strategischen Markt- und Sortimentsmanagements ist die langfristige Absatzplanung. Die Planungsergebnisse werden im Logistikbereich an das Mo-

¹ Vgl. Brown, R. G., Materials Management Systems, New York 1977, S. 41 ff.

² Vgl. S. 127 f.

dul "Logistische Konfigurationsplanung" weitergeleitet, da sie die Ausgangsdaten für die Planung der Anzahl, Lozierung und Dimensionierung der Läger und Umschlagspunkte bilden. Umgekehrt kann das Marketing-Management bei der Sortimentsbereinigung auf die Ergebnisse der logistischen Sortimentsplanung zurückgreifen¹.

zu (3):

In den Aufgabenbereich des Moduls "Einsatzplanung und -steuerung von Marketinginstrumenten" fallen die Vertreterereinsatzplanung, die Planung von Werbemaßnahmen, die Preisfestsetzung und die Vorgabe von Lieferbereitschaftszielen. Ein ausführlicher Überblick über die Marketinginstrumente findet sich bei Meffert². Für den Logistikbereich sind die Lieferservicevorgaben von besonderer Bedeutung, da sie Restriktionen des logistischen Bestands- und Sortimentsmanagements darstellen und die Logistikkosten in erheblichem Maße beeinflussen. Es ist daher sinnvoll, wenn das Marketing-Management das Logistik-Informationssystem als Simulationssystem nutzt, um die Auswirkungen alternativer Lieferservicevorgaben auf die Logistikkosten abzuschätzen.

3.1.3 Teilbereich "Logistik-Informationssystem" mit der Komponente "Sortiments- und Bestandsmanagement"

Das Logistik-Informationssystem (vgl. Tab. 3.3) umfasst die Module

¹ Vgl. Abschnitt 5 dieser Arbeit, S. 178 ff.

² Vgl. Meffert, H., Marketing, a. a. O., S 80 ff.

LOGISTIK-INFORMATIONSSYSTEM						
EINKAUF/BESTELLEN		LOGISTISCHES SORTIMENTS- UND BESTANDSMANAGEMENT		LAGERHAUSSTEUERUNG UND -ABWICKLUNG		LOGISTISCHE KONFIGURATIONSPRAXIS
EINKAUFSDISPOSITION; FORTSCHRITT DER LIEFERKONDITIONEN; PREISPROGNOSEN	BESTELL- UND -ÜBERWACHUNG; AKTUALISIERUNG DER WIEDERBEREITSTELLUNGSSCHAF- FUNKTIONEN	SAMMELN VON INFORMATIONEN ÜBER NEUE ARTIKEL	LOGISTISCHE SORTIMENTS- UND BESTANDSMANAGEMENT	LAGERHAUSSTEUERUNG UND -ABWICKLUNG	TRANSPORTSTEUERUNG UND -ABWICKLUNG	
			BESTANDS- DISPOSITION: BESTELL- MENGEN- RECHNUNG, SICHERHEITSSORTIMENTS, ZENTRALES SORTIMENT, BESTELL- PUNKTE, BESTANDS- AUSLAUF- ARTIKEL	LAGERBE- STANDS- FÜHRUNG; INVENTUR	WARENEIN- GANG; EINLA- GERUNG	
				LAGER- PLATZVER- WALTUNG; LAGER- PLATZ- OPTI- MIERUNG	KOMMISSIO- NIERUNG; BEREIT- STELLUNG; WARENAUS- GANG	PRIMÄR- TRANSPORT- TE (LIE- FERUNGEN AB ZULIE- FERER)
						SEKUNDÄR- TRANSPORT- TE (BE- LIEFERUNG DER AUS- SENLÄGER)
						TERTIÄR- TRANSPORT- TE (END- UND DIMEN- SIONIERUNG DER LÄGER EYTL. ÜBER UNSCHLAGS- PUNKTE); ABSCHNÜZUNG DER LIE- FERBEREIE- TE; AUS- LEGUNGSPLA- NUNG DER TECHNI- SCHEN SYSTEME

Tab. 3.3: Aufbau des Logistik-Informationssystems mit der Komponente "Sortiments- und Bestandsmanagement"

- (1) Einkauf/Bestellwesen,
- (2) Logistisches Sortiments- und Bestandsmanagement,
- (3) Lagerhaussteuerung und -abwicklung,
- (4) Transportsteuerung und -abwicklung und
- (5) Logistische Konfigurationsplanung.

zu (1):

Das Modul "Einkauf/Bestellwesen" beinhaltet die Einkaufsdisposition, die Bestellabwicklung und -überwachung und die Observation des Einkaufsmarktes. Aufgabe der Einkaufsdisposition ist die Auswahl der Lieferanten, die laufende Aktualisierung der Lieferantenkonditionen in der Lieferantenstammdatei und die Pflege von lieferantenbezogenen Mindestbestellmengen in der Artikelstammdatei. Unterliegen die Einkaufspreise starken Schwankungen, muß die Einkaufsdisposition um die Funktion "Preisprognose" ergänzt werden.

Die Bestellabwicklung und -überwachung befasst sich mit der Bestellschreibung und der laufenden Verfolgung der ausgelösten Bestellungen. Durch Vergleich der Bestellauslösetermine mit den Eingangsterminen können die aktuellen Wiederbeschaffungszeiten festgestellt werden, die für die Berechnung von Sicherheitsbeständen zur Überbrückung von Lieferzeit-schwankungen benötigt werden.

Die Kontakte der Einkaufsabteilung zu den Lieferanten können für den Zweck der Mark Tobseruation genutzt werden. Auch diese Funktion sollte unterstützt werden, indem Informationen über neue Artikel im Informationssystem hinterlegt werden können.

zu (2):

Zu dem Modul "Logistisches Sortiments- und Bestandsmanagement" zählen die logistische Sortimentskontrolle und die Bestandsdisposition. Im Rahmen der logistischen Sortimentskontrolle sollen Vorschläge erarbeitet werden, welche Artikel nicht an allen Lagerorten, sondern nur zentral gelagert werden sollen, und welche Artikel eliminierungsverdächtig sind.

Die Ermittlung der Bestellmengen, der Bestellzeitpunkte und die Steuerung der Bestandsverteilung im gesamten Distributionssystem sind Aufgaben der Bestandsdisposition. Im Sinne einer integrierten Optimierung aller logistischen Teilbereiche müssen die eingesetzten Verfahren zur Bestandsdisposition auch die Lagerhaus- und die Transportsteuerung berücksichtigen.

zu (3):

Das Modul "Lagerhaussteuerung und -abwicklung" umfasst die Lagerbestandsführung, den Wareneingang mit Einlagerung, die Lagerverwaltung und die Warenkommissionierung und -bereitstellung sowie den Waren Ausgang. Vor allem für den Einsatz der modernen Verfahren der Bestandsdisposition ist es unumgänglich, daß die Lagerbestandsführung jederzeit ein verlässliches Bild der physischen Lagerbestände in allen Lagerorten bereithält. Um Abweichungen zwischen den maschinell geführten Buchbeständen und den tatsächlichen Lagerbeständen aufzudecken und zu korrigieren, werden Inventuren durchgeführt. Die Informationen der Lagerbestandsführung sind auch für das logistische Sortimentsmanagement von Interesse. Durch tageweises Kumulieren der physischen Lagerbestände können in geeigneten zeitlichen Abständen

(z. B. quartalsweise oder halbjährlich etc.) Lagerbestände pro Artikel als Basis für die Ermittlung der Bestandskosten berechnet werden. Zudem kann die Lagerbestandsführung zu einem Warnsystem ausgebaut werden: Finden über längere Zeit hinweg keine oder nur geringfügige Zugriffe auf bestimmte Artikel statt (nahezu konstante Lagerbestände), sollten die Bestandsdisponenten diese Artikel überprüfen und gegebenenfalls Maßnahmen zur Freisetzung des in den Beständen gebundenen Kapitals und des belegten Lagerraumes einleiten (z. B. über Sonderpreisaktionen u. a. m.), bevor echte "Ladenhüter" entstehen.

Im Wareneingang werden eintreffende Transportmittel entladen, die Waren geprüft, Zubuchungen der physischen Lagerbestände und Freigaben der Lieferanten-gutschriften ausgelöst. Die Lagerplatzverwaltung und -optimierung bestimmt die Lagerplätze für die einzulagernden Güter. Informationen über die aktuelle Ausschöpfung der Einlagerungs- sowie der Kommissionier- und Bereitstellkapazitäten müssen an die Bestandsdisposition weitergeleitet werden, damit bei der zeitlichen Terminierung der Wareneingänge von den Lieferanten auf eine gleichmäßige Belastung dieser Kapazitäten geachtet werden kann.

Auf die manuelle und/oder maschinelle Kommissionierung und Bereitstellung der auszuliefernden Kundenaufträge und der von der Bestandsdisposition initiierten Lieferungen vom Zentrallager zu den Außenlagern folgt der Warenausgang. Die Kommissioniererfolge kann durch den Einsatz entsprechender Optimierungsprogramme so beeinflusst werden, daß die insgesamt für die Kommissionierung benötigten Wegstrecken oder -zeiten minimiert werden. Die hierfür erforderlichen Daten werden aus der Auftrags- und

der Bestandsdisposition entnommen. Beim Warenausgang bestehen i. d. R. nur eingeschränkte Möglichkeiten, die Kapazitätsauslastung durch Umterminierung der Kundenaufträge zu nivellieren, da die Lieferservicevorgaben eingehalten werden müssen. Allerdings können nicht zeitkritische Nachschublieferungen zentral gehaltener Sicherheitsbestände benutzt werden, um Schwankungen im Volumen der täglichen Kundenaufträge auszugleichen.

zu (4):

Die Transportsteuerung befaßt sich mit der Auswahl und der Einsatzplanung der Transportmittel. Primärtransporte, d. h. die Lieferungen von den Lieferanten an die Großhandelslager, sind dabei nur dann im System zu berücksichtigen, wenn entweder die Transportkosten vergütet werden müssen oder bei frachtfreier Anlieferung im Falle der Selbstabholung die den Lieferanten entstehenden Transportkosteneinsparungen weitergegeben werden. Die Sekundärtransporte (Lieferungen zwischen den Lagerebenen des mehrstufigen Distributionssystems) und die Tertiärtransporte (Endauslieferung an die Kunden, eventuell über Umschlagpunkte) sind dagegen in vollem Umfang Gegenstand der Transportsteuerung. Auf Basis der zur Verfügung stehenden Transportkapazitäten und der von der Auftrags- und Bestandsdisposition übernommenen Sendungsdaten versucht die Transportsteuerung, einen optimalen Transportplan für jeden Liefertag zu erstellen. Der Transportplan beinhaltet die zu fahrenden Touren, die Zuordnung der einzelnen Fahrzeuge des eigenen Fuhrparks (falls vorhanden) zu den Touren und Lieferaufträge an Transportunternehmer. Die Aufstellung des Transportplanes wird in Unternehmen mit eigenem Fuhrpark häufig durch eine computergestützte Tourenplanung unterstützt. Auch eine

Verbesserung der Transportkapazitätsauslastung durch eine vorgeschaltete Beladungsoptimierung kann in die Transportsteuerung integriert werden.

zu (5):

Gegenstand der logistischen Konfigurationsplanung ist die Gestaltung des physischen Distributionssystems. In größeren zeitlichen Abständen müssen die Anzahl der Läger und Umschlagspunkte, ihre Standorte und Liefergebietsgrenzen der veränderten Nachfrage- und Kostenstruktur angepaßt werden. Langfristige Bedarfsdaten erhält die logistische Konfigurationsplanung von der strategischen Markt- und Sortimentsplanung. Die Resultate der Konfigurationsoptimierung wiederum bilden Restriktionen für das logistische Sortiments- und Bestandsmanagement.

Parallel zu der Analyse der physischen Distributionsstruktur muß auch eine Auslegungsplanung der eingesetzten technischen Systeme für Lagerung, Kommissionierung und Warenhandling vorgenommen werden, da die hierfür anfallenden Kosten oft einen wesentlichen Anteil an den entscheidungsrelevanten Gesamtkosten stellen.

3.1.4 Teilbereich "Finanz-Informationssystem"

Das Finanz-Informationssystem (vgl. Tab. 3.4) enthält die Module

- (1) innerbetriebliches Rechnungswesen (internes Rechnungswesen) und
- (2) Finanzwesen (externes Rechnungswesen)¹.

¹ Zu der Einteilung in internes und externes Rechnungswesen vgl. Hummel, S./ Männel, W., Kostenrechnung 1, 2. Aufl., Wiesbaden 1980, S. 16 ff.

FINANZ-INFORMATIONSSYSTEM									
INNERBETRIEBLICHES RECHNUNGSWESEN (INTERNES RECHNUNGSWESEN)					FINANZWESEN (EXTERNES RECHNUNGSWESEN)				
KOSTEN- ARTENRECH- NUNG, KOSTEN- STELLEN- RECHNUNG	KOSTEN- TRÄGER- RECHNUNG, ARTIKEL- ERFOLGS- RECHNUNG	LAGER- BESTANDS- BEWERTUNG	KURZ- FRISTIGE ERFOLGS- RECHNUNG	HINTERLE- GUNG VON VERRECH- NUNGSPREI- SEN FÜR DIE INAN- SPRUCH- NAME INNERBE- TRIEBLICHER LEISTUNGEN, PRETIALE STEUERUNG	INVESTITI- ONSRECH- NUNG	FINANZ- PLANUNG	FINANZ- BUCHHAL- TUNG, KREDITO- REN-, DEBI- TORENBUCH- HALTUNG	ANLAGEN- BUCHHALTUNG	LOHN- UND GEBHALTS- BUCHHALTUNG

Tab. 3.4: Aufbau des Finanz-Informationssystems

zu (1):

Das interne Rechnungswesen umfaßt vor allem die Kostenrechnung, unterteilt in die Kostenarten-, Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung. Unabhängig von der Problematik der Gemeinkostenverrechnung und der damit zusammenhängenden Konzipierung der Kostenrechnung als Voll- oder Teilkostenrechnungssystem können der Kostenträgerrechnung wesentliche Informationen für die Lagerbestandsbewertung, die kurzfristige Erfolgsrechnung und die Verrechnung innerbetrieblicher Leistungen entnommen werden. Die Lagerbestandsführung und -bewertung liefert die Ausgangsdaten zur Quantifizierung der artikelbezogenen Bestandskosten.

Zu dem innerbetrieblichen Rechnungswesen zählen auch die Investitionsrechnung und betriebsinterne Statistiken.

zu (2):

Das externe Rechnungswesen oder Finanzwesen befaßt sich mit den finanzwirtschaftlichen Beziehungen des Unternehmens zur Umwelt. Die Finanzplanung sorgt für einen Ausgleich der kapitalbindenden Ausgaben und der kapitalfreisetzenden Einnahmen. Auf die Erläuterung der Finanz-, Anlagen- und Lohn- und Gehaltsbuchhaltung kann an dieser Stelle verzichtet werden, da keine direkten Beziehungen zum logistischen Sortiments- und Bestandsmanagement bestehen.

3.2 Entwicklung eines hierarchischen Grobkonzeptes für das Sortiments- und Bestandsmanagement und seine Einbindung in das modulare Gesamtsystem

Das logistische Sortiments- und Bestandsmanagement läßt sich in vier hierarchisch gegliederte Ebenen einteilen (vgl. Abb. 3.5)¹. Auf der obersten Ebene (in Abb. 3.5: Ebene 1) werden die Logistikziele festgelegt. Hier ist eine Transformation der Unternehmensziele in operationale Ziele des Sortiments- und Bestandsmanagements erforderlich. Eine operationale Zielvorgabe ist z. B. mit der Minimierung der entscheidungsabhängigen Logistikkosten bei Einhaltung eines bestimmten Lieferserviceniveaus gegeben. Die Lieferservicevorgaben entsprechen der aktuellen Marketingpolitik und werden vom Vertriebsbereich oder der Unternehmensführung festgelegt. Innerhalb des gesamten Management-Informationssystems sollte dem Marketing-Management oder der Unternehmensleitung die Möglichkeit offenstehen, das Logistik-Informationssystem als Simulationssystem zu nutzen, um alternative Lieferservicevorgaben durchzuspielen und überhöhte Anforderungen zu vermeiden.

In der linken Hälfte der Abb. 3.5 ist der Regelungskreislauf des logistischen Sortimentsmanagements dargestellt. Die Zielsetzungen des Logistikbereiches fließen in Sortimentsstrategien und -politiken ein. Unter einer Sortimentsstrategie in einem mehrstufigen Distributionssystem ist z. B. die Strukturierung des gesamten Sortiments in disjunkte Sortimentsklassen zu verstehen, deren Bestandsverfügbarkeit in differenzierter Weise gehandhabt wird. So kann eine

¹ Zu der hierarchischen Gliederung des Bestandsmanagements vgl. Brown, R. G., Materials Management Systems, a. a. O., S. 68.

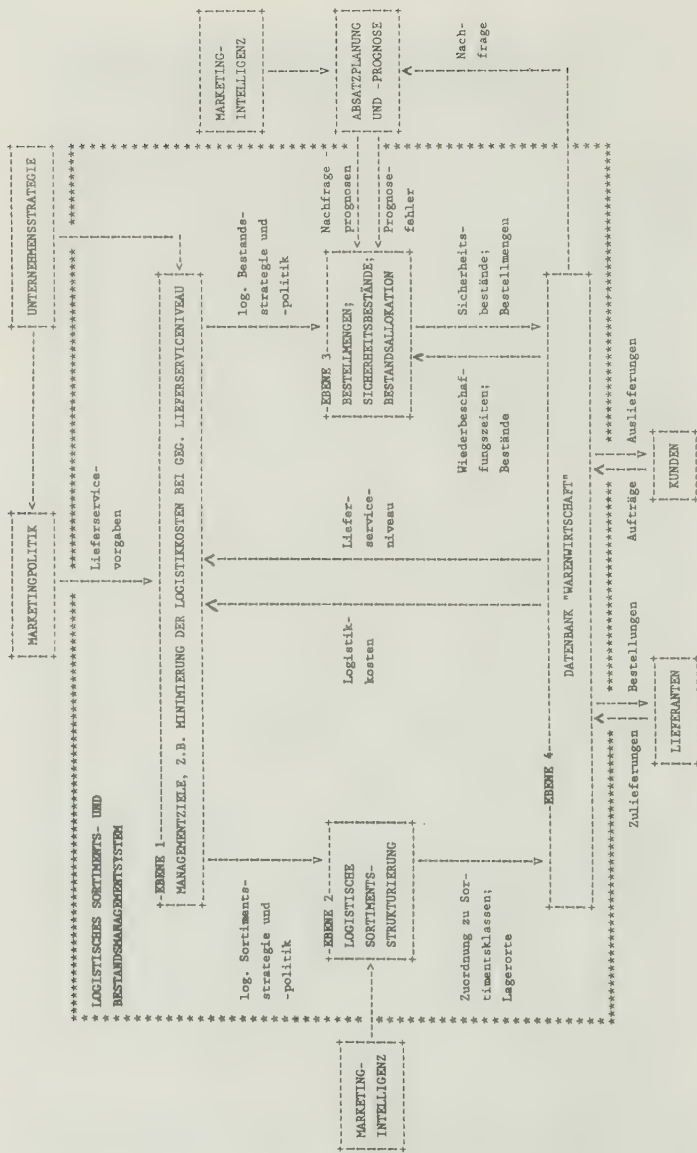


Abb. 3.5: Hierarchische Struktur des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagementsystems

Klasseneinteilung zwischen einem Basissortiment, das an allen Lagerorten unmittelbar verfügbar ist, einem lokalen Sortiment, das in Bezug auf lagerortspezifische Nachfragestrukturen ergänzend zum Basissortiment festgelegt wird, einem zentralen Sortiment, das im Zentrallager vorrätig ist, und einem Bestellsortiment, das nicht eigengelagert wird, unterscheiden. Die Regeln für die Einteilung der Artikel in die einzelnen Sortimentsklassen dagegen sind politischer Natur und können bei Änderungen der Unternehmenspolitik kurzfristig geändert werden. Ist z. B. wegen eines Umbaus an einem Außenlager übergangsweise nicht die volle Lagerkapazität nutzbar, kann durch Anpassung der Klassifizierungsregeln die Zahl der vom Zentrallager bezogenen Artikel erhöht werden, ohne daß die Sortimentsstrategie davon betroffen wird.

Auf der Ebene 2 wird die Sortimentsstrukturierung entsprechend der Sortimentsstrategie und der gültigen Sortimentspolitik durchgeführt. Das Logistik-Management kann jedoch nicht autonom entscheiden, da trotz Einhaltung der allgemeinen Lieferserviceziele für zentralisierte Sortimentsteile Verschlechterungen der Marktpräsenz auftreten können. An dieser Stelle muß daher Marketingintelligenz an der Entscheidungsfindung beteiligt sein, um Marktreaktionen abzuschätzen und Fehlentscheidungen zu vermeiden.

Die neue Zuordnung zu den Sortimentsklassen sowie die zulässigen Lagerorte werden für jeden Artikel in der Datenbank "Warenwirtschaft" hinterlegt (Ebene 4). Die Datenbank beinhaltet alle für das logistische Sortiments- und Bestandsmanagement relevanten Daten. Insbesondere erfüllt die Datenbank auch die Funktion einer Kommunikationsschnittstelle

zu den anderen Modulen des Management-Informationssystems (vgl. Abb. 3.6). Die Speicherung der warenauswirtschaftlichen Transaktionen spielt sich ebenfalls auf der Ebene 4, der untersten Ebene der Hierarchie, ab. Zurückgreifend auf die Datenbank "Warenwirtschaft" können in geeigneten zeitlichen Abständen Analysen der resultierenden Logistikkosten und der erreichten Lieferbereitschaften vollzogen werden. Bei Abweichungen von den Zielvorgaben können Änderungen der Sortimentsstrategie oder der Sortimentspolitik vorgenommen werden, womit sich der Regelkreis schließt.

Das logistische Bestandsmanagement, auf der rechten Seite der Abb. 3.5 dargestellt, ist in Analogie zum Sortimentsmanagement als ein weiteres Regelkreissystem aufgebaut. Die Verbindung von der Ebene 1 zur Ebene 3, der Bestandsdisposition, stellen die logistischen Bestandsstrategien und -politiken dar. Zu den Bestandsstrategien zählt die Auswahl eines Bestandsdispositionsverfahrens, z. B. eines DRP-Systems¹. Kurzfristig änderbare Steuerungsparameter wie innerbetriebliche Lager- oder Bestellkostensätze geben die aktuelle Bestandspolitik wieder.

Die Bestandsdisposition entscheidet über die Bestellmengen, die Sicherheitsbestände und die Verteilung der Bestände auf den Stufen des Distributionssystems. Die auf der Ebene 2 getroffenen Sortimentsentscheidungen gehen als Restriktionen in die Bestandsdisposition ein. Alle entscheidungsrelevanten Informationen können der Datenbank "Warenwirtschaft" entnommen werden. Auch für die Bestandsdisposition spielt die Einbringung von Marketing-Intelligenz ei-

¹ Vgl. Abschnitt 4.2.2 dieser Arbeit, S. 73 ff.

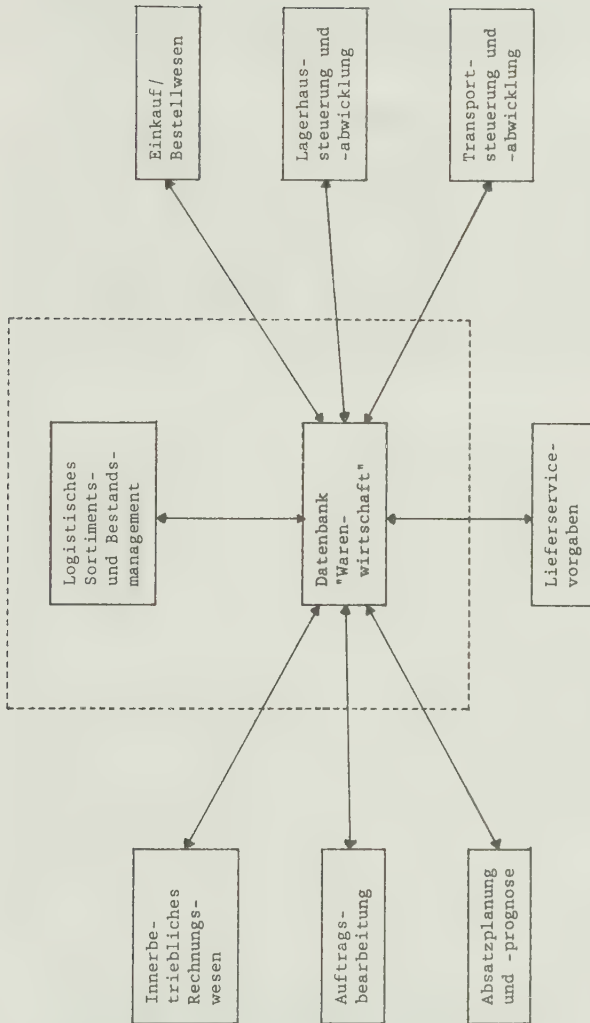


Abb. 3.6: Kommunikative Verknüpfung des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagementsystems mit anderen Modulen des Management-Informationssystems über die Datenbank "Warenwirtschaft"

ne große Rolle: die Nachfrageprognosen müssen unter Mitwirkung von Fachleuten aus dem Vertriebsbereich erstellt werden.

Bei zwischenzeitlich unveränderter Sortimentsstrategie und -politik können die resultierenden entscheidungsrelevanten Logistikkosten und Lieferbereitschaften als durch die Bestandsdisposition bedingt aufgefaßt werden. Abweichungen von den Zielvorgaben führen zu Anpassungen der Bestandsstrategien oder -politiken. Der Regelkreis des Bestandsmanagements ist damit ebenfalls geschlossen.

4. Mehrstufige computergestützte Bestandsdispositionssysteme und ihre methodische Auswahl mit Hilfe eines Simulationsmodells

4.1 Vorbemerkungen

Ziel dieses Kapitels ist es, mehrere neuere Verfahren der Bestandsdisposition in mehrstufigen Distributionssystemen vorzustellen. Insbesondere soll darauf eingegangen werden, inwieweit sich die in Kapitel 2 aufgezeigten Schwächen der klassischen Methoden der Bestandsdisposition durch Einsatz neuerer Verfahren vermeiden lassen.

Für den einzelnen Großhandelsbetrieb stellt sich die Frage, welche der beschriebenen Methoden der Bestandsdisposition für seinen spezifischen Anwendungsbereich optimal ist. Wie noch gezeigt wird, lassen sich für die konkrete Auswahl eines Dispositionsverfahrens nur sehr allgemeine Entscheidungsregeln ableiten. Bei mehrstufigen Distributionssystemen mit realistischem Komplexitätsgrad ist die analytische Quantifizierung der zu erwartenden Kosten- und Servicewirkungen in der Regel wegen des Zusammentreffens mehrerer stochastischer Größen (Kundennachfragen, Lieferzeiten zwischen den Ebenen des Distributionssystems) nicht möglich¹. Daher soll im zweiten Teil dieses Kapitels ein Instrumentarium in Gestalt eines Simulationsmodells entwickelt und anhand eines Anwendungsbeispiels beschrieben werden,

¹ Vgl. Peterson, R./ Silver, E. A., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, 1st Ed., New York 1979, S. 370; Herron, D. P., Management Science in Industrial Logistics, in: Applications of Management Science, Vol. 3, hrsg. v. Schultz, R. L., London 1983, S. 76.

das die praxisbezogene Auswahl unter den Verfahren der Bestandsdisposition unterstützt und näherungsweise eine Quantifizierung der Kosten- und Servicewirkungen gestattet.

4.2 Neuere Verfahren der Bestandsdisposition in mehrstufigen Distributionssystemen

4.2.1 Das Basisbestandssystem

4.2.1.1 Grundgedanke und Funktionsweise des Basisbestandssystems

Ziel des Basisbestandssystems ("base stock control system")¹ ist es, die kostspielige Oszillierungseigenschaft voneinander unabhängig gesteuerter Lager Ebenen zu beseitigen. Dies wird vor allem dadurch erreicht, daß den Dispositionsentscheidungen einer Lagerstufe nicht die klumpigen Bestellmengen der nachgeordneten Lagerstufe, sondern die originären Kundennachfragen und die Endnachfrageprognosen zugrundegelegt werden. Letztere werden im allgemeinen auf der Lagerstufe erstellt, die den Endnachfragen unmittelbar vorgeschaltet ist, um die lokal verfügbare Marketingintelligenz zu nutzen. Deshalb erfordert das Basisbestandssystem auch ein effizientes und schnelles Informationssystem wie z. B. ein Computernetzwerk, das die prognostizierten Endnachfragen und die aktuelle Bestandssituation an die vorgelagerten Lagerstufen überträgt. Die für die Oszillierungseigenschaft der klassischen Verfahren

¹ Vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., Kap 12.3, S. 476 ff.; Brown, R. G., Materials Management Systems, a. a. O., S. 245.

der Bestandsdisposition verantwortlichen Zeitverzögerungen bei der Übermittlung von Änderungen der Endnachfrage können somit vermieden werden.

Als Bestellsystem für die Außenlager und das Zentrallager wird häufig ein Bestellpunktverfahren mit variabler Bestellmenge eingesetzt.¹ Der Bestellpunkt entscheidet darüber, wann bestellt wird, und die Bestellmenge bezeichnet, wieviel bestellt wird. Für jedes Lager und jeden Artikel wird unter Einbeziehung der Endnachfragewerte eine individuelle Bestellmenge q berechnet. Dabei kommen die spezifischen Verfahren der Bestellmengenberechnung zur Anwendung, die für deterministischen Nachfrageverlauf mit gleichbleibendem Niveau², stochastischer Nachfrage mit konstantem mittleren Niveau³ und schwankenden, aber im voraus hinreichend bekannten Nachfrageverlauf⁴ in der Literatur beschrieben sind. Der Bestellpunkt B errechnet sich als Summe der mittleren Nachfrage während der Lieferzeit und dem Sicherheitsbestand. Für die mittlere Lieferzeitnachfrage werden die entsprechenden Werte der Endnachfrage verwendet; als Lieferzeit fließt die Wiederbeschaffungszeit von der jeweils vorgeschalteten Lagerebene ein. Der Sicherheitsbestand bestimmt sich aus einer

¹ Vgl. Silver, E. A. / Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., Kap. 7.3, S. 256 ff.

² Vgl. ebd., Kap. 5, S. 173 ff.

³ Vgl. ebd., Kap. 7, S. 251 ff.

⁴ Vgl. ebd., Kap. 6, S. 220 ff.

vorgegebenen Lieferbereitschaft¹ und dem Prognosefehler für die Endnachfrage über die Wiederbeschaffungszeit².

Die Entscheidungsregel lautet: Bestelle die Differenz zwischen dem maximalen Sollbestand M und dem verfügbaren Istbestand IB, wenn IB den Bestellpunkt B erreicht oder unterschreitet. Der maximale Sollbestand M ergibt sich aus der Summe von B und q. Der verfügbare Istbestand IB ist wie folgt definiert:

$$\begin{aligned} \text{IB} &= \text{physischer Bestand PB der betrachteten und} \\ &\quad \text{aller nachgelagerten Stufen} \\ &+ \text{offene Bestellungen der betrachteten Stufe} \\ &- \text{offene Kundenaufträge auf der Stufe der} \\ &\quad \text{Endnachfrage} \end{aligned}$$

Als "offene" Bestellungen seien alle Bestellungen bezeichnet, die zwar getätigt, aber noch nicht eingetroffen sind und somit den physischen Bestand der betrachteten Lagerstufe noch nicht erhöht haben. Demgemäß sind unter "offenen" Kundenaufträgen diejenigen Kundenaufträge zu verstehen, die zwar eingegangen sind, aber bisher wegen fehlendem Bestand noch nicht ausgeliefert werden konnten. Man beachte, daß sich durch Lieferungen der betrachteten Stufe an die nachgelagerte Stufe weder IB noch PB verändern.

Die Funktionsweise dieses Bestandssteuerungs- und -überwachungssystems sei unter der Annahme, daß keine offenen Kundenaufträge vorliegen, anhand der Abbildung 4.1 verdeutlicht.

¹ Vgl. Peterson, R./ Silver, E. A., a. a. O., Kap. 6.2, S. 210 ff.

² Zur Sicherheitsbestandsberechnung vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., a. a. O., Kap. 6 und 7.

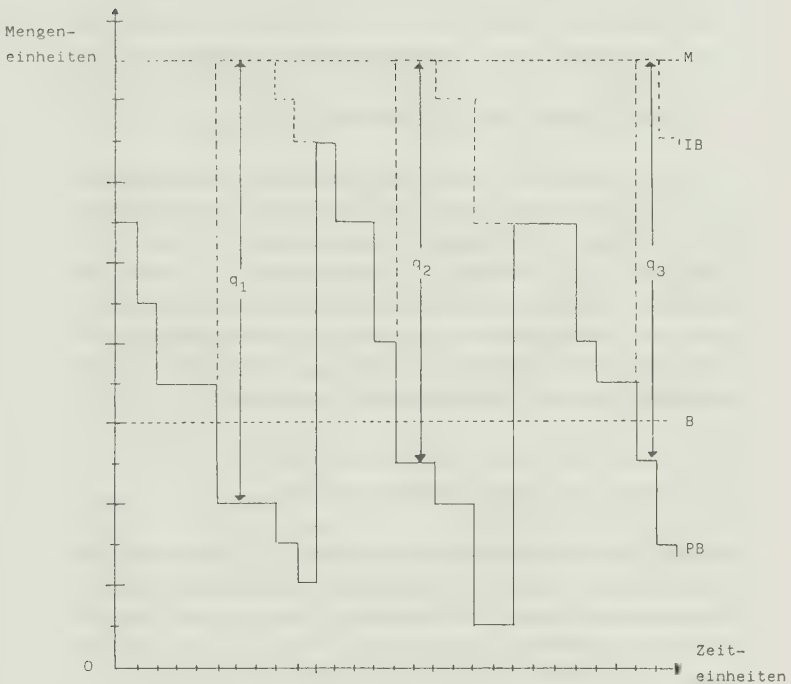


Abb. 4.1: Bestellpunktverfahren mit variabler Bestellmenge im Basisbestandssystem

Wie aus Abbildung 4.1 hervorgeht, wird der physische Bestand PB durch die Endnachfrage sukzessiv abgebaut. Da keine Kundenaufträge im Rückstand sind, verläuft die IB-Linie deckungsgleich (keine offenen Bestellungen) oder oberhalb (offene Bestellungen > 0) zu der PB-Linie. Unterschreitet IB den Bestellpunkt B, wird eine Bestellung mit der Be-

stellmenge $q = M - IB$ ausgelöst. Die variablen Bestellmengen q_1 , q_2 und q_3 treffen nach Ablauf der jeweiligen aktuellen Wiederbeschaffungszeiten ein. Der Sicherheitsbestand der betrachteten Lagerstufe wird abgebaut, wenn die Endnachfrage größer ist als prognostiziert wurde, oder wenn die Wiederbeschaffungszeit länger ist als erwartet.

Es sei angemerkt, daß das Basisbestandssystem auch mit anderen Verfahren der Bestandssteuerung und -überwachung (z. B. der Methode der periodischen Bestellung mit variabler Bestellmenge¹) kombiniert werden kann. In diesem Fall muß bei der Berechnung des Sicherheitsbestandes und des Lieferzeitbedarfes auch die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bestandsrevisionen berücksichtigt werden.

4.2.1.2 Kritik am Basisbestandssystem

Obwohl das Basisbestandsverfahren bei Änderungen der Endnachfrage nicht zu Oszillationen tendiert und damit ein wichtiger Kritikpunkt an den klassischen Methoden der Bestandsdisposition entfällt, bleiben andere Schwachstellen weiterhin erhalten. So sind auch hier alle kritischen Aussagen anzuführen, die in Abschnitt 2.1.1.1 für das Bestellpunktverfahren gemacht wurden. Eine übergreifende integrierte Lager- und Transportsteuerung ist mit dem Basisbestandssystem ebenfalls nicht möglich, da dem Disponenten durch das System keine Informationen über die Bestellmengen und Bestellzeitpunkte der näheren Zukunft zur Verfügung gestellt werden. Der Disponent

¹ Vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., S. 258 f.

muß sich bei der Optimierung der Transportmittelauslastung vielmehr auf eigene Aufzeichnungen stützen.

4.2.2 DRP-Systeme

4.2.2.1 Analogie zu MRP-Systemen

DRP-Systeme ("distribution requirement planning systems"¹, auch als "distribution resource planning systems"² interpretiert) bedienen sich zur Steuerung mehrstufiger Distributionssysteme einer analogen Planungslogik, wie sie in MRP-Systemen³ ("material requirement planning systems") bei der Steuerung industrieller Produktionsprozesse mit Erfolg Verwendung findet. Den wichtigsten Ausgangspunkt zur Entwicklung der MRP-Systeme bildet die Überlegung, daß die klumpigen Bedarfe an Baugruppen, Teilen und Rohmaterialien nicht separat prognostiziert werden müssen. Stattdessen ist bei gegebenem Fertigungsplan für Endprodukte ("master production schedule") über Stücklistenauflösungsprozesse die Berechnung der abhängigen Bedarfe möglich. Die Stücklisten lassen sich dabei leicht ermitteln, da sie technisch-kausale Zusammenhänge beschreiben. Die Güte der gesamten Planung hängt aber entscheidend von der richtigen Einschätzung (Prognose und Planung) der Endprodukt-

¹ Vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., S. 624 f.

² Vgl. Martin, A. J., DRP: Distribution Resource Planning, a. a. O.

³ Vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., Kap. 16.4, S. 607 ff.; Orlicky, J., Material Requirements Planning, New York 1975.

bedarfe und von der Exaktheit der unterstellten Produktions-, Liefer- und Transportzeiten (= Vorlaufzeiten) ab. Der Planungszeitraum muß mindestens so lang sein wie die kumulierte Vorlaufzeit der Endprodukte, damit keine Aktionen verlangt werden, die in der Vergangenheit hätten stattfinden müssen. Oft reicht der Planungszeitraum mehrere Wochen oder Monate in die Zukunft. Es ist daher ein laufender Rückkoppelungsmechanismus erforderlich, um die Planungen an die im Zeitablauf auftretenden Änderungen der Inputdaten anzupassen. Diese Rückkoppelung führt bei MRP-Systemen über eine kontinuierliche Planrevision.

Vergleicht man die industriellen Fertigungsprozesse, deren Materialbedarfsplanung durch MRP-Systeme unterstützt werden kann, mit mehrstufigen Distributionssystemen, so sind auffallende Übereinstimmungen zu erkennen. In beiden Fällen

- liegt ein hierarchisch gegliedertes System von Lagerstufen vor, die durch Fertigungs- und/oder Transportzeiten voneinander getrennt sind,
- sind statistische Vorhersagemethoden zur Prognose der Bedarfe auf den flußaufwärts gelegenen Ebenen i. d. R. nicht geeignet,
- führt die Anwendung des klassischen Bestellpunktverfahrens zu unerwünschten Resultaten,
- können Arbeits- und Sicherheitsbestände bei abhängigen Bedarfen durch zeitgerechte Disposition gesenkt werden.

DRP-Systeme versuchen die MRP-Logik auf mehrstufige Distributionssysteme zu übertragen. Dabei handelt es

sich, flussaufwärts gesehen, im Gegensatz zu MRP-Systemen nicht um einen Prozess der Verästelung (von den Endproduktbedarfen über die Baugruppen und Teile bis zu den Rohmaterialien), sondern um eine zunehmende Verdichtung (von der Ebene der Außenläger bis zum Zentrallager). Der Ansatzpunkt der DRP-Steuerung stimmt aber mit der MRP-Logik überein: (von der Endnachfrage) abhängige Bedarfe werden nicht prognostiziert, sondern nach ihrer Höhe und ihrem Zeitpunkt berechnet. Die Bestandshaltung (und die damit verbundenen Kosten) sollen durch verbesserte Informationen, die ein geeignetes Informations- und Steuerungssystem bedingen, substituiert werden.¹

4.2.2.2 Arbeitsweise von DRP-Systemen

Die Arbeitsweise eines DRP-Systems soll nachfolgend anhand eines Beispiels verdeutlicht werden.² Abbildung 4.2 beschreibt das Distributionssystem eines Großhändlers.

¹ Vgl. O'Neil, B. F., Information - A Viable Substitute for Inventory, in: The Logistics and Transportation Review, Vol. 22, No. 1, 1986, S. 83 ff.

² Weitere Beispiele finden sich bei Martin, A. J., DRP: Distribution Resource Planning, a. a. O.; Crabtree, D., Distribution Logistics - An Appraisal of Alternative Methods, in: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 7, No. 3, 1987, S. 55; Tersine, R. J., Principles of Inventory and Materials Management, 3rd Ed., New York 1988, S. 434 f.; Ballou, R. H., Business Logistics Management, 2nd Ed., Englewood Cliffs, N.J., 1985, S. 401 ff.

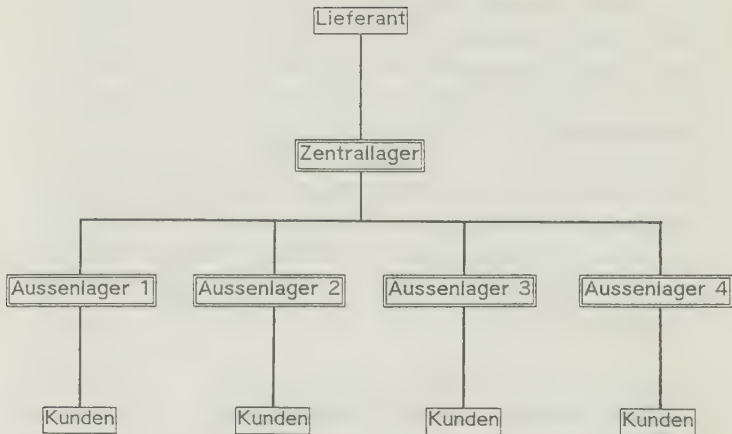


Abb. 4.2: Exemplarisches mehrstufiges Distributionssystem eines Großhandelsbetriebes

Zur übersichtlicheren Darstellung werde nur ein Artikel vertrieben. Die Kunden bestellen direkt und ausschließlich bei den Außenlagern (AL). Die Nachfragen im Planungszeitraum (feste Aufträge, ergänzt durch Prognosen) sind bekannt. Sie können für die Außenlager 1 - 4 der Tabelle 4.3, Zeile "Nachfrage-Prognose", entnommen werden.

Die Lieferzeiten im System sind deterministisch. Im Beispiel wird unterstellt, daß der Lieferant unmittelbar lieferfähig ist. Der Planungszeitraum beträgt 8 Zeiteinheiten (ZE) und überschreitet damit die längste kumulierte Lieferzeit (5 ZE = 2 ZE Lieferant

AUSSENLAGER 1:

Sicherheitsbestand: 50 (ME)
 Anfangsbestand: 200 (ME)
 Lieferzeit: 3 (ZE)
 Bestellmenge: 200 (ME)

Zeiteinheit	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage-Pr.	80	100	130	120	70	80	110	130
phys. Bestand	120	220	90	170	100	220	110	180
Bestell-Eing.		200*		200		200		200

AUSSENLAGER 2:

Sicherheitsbestand: 30 (ME)
 Anfangsbestand: 300 (ME)
 Lieferzeit: 2 (ZE)
 Bestellmenge: 150 (ME)

Zeiteinheit	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage-Pr.	40	80	70	50	70	60	90	70
phys. Bestand	260	180	110	60	140	80	140	70
Bestell-Eing.					150		150	

AUSSENLAGER 3:

Sicherheitsbestand: 100 (ME)
 Anfangsbestand: 400 (ME)
 Lieferzeit: 3 (ZE)
 Bestellmenge: 300 (ME)

Zeiteinheit	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage-Pr.	160	200	130	240	250	160	180	200
phys. Bestand	240	340	210	270	320	160	280	380
Bestell-Eing.		300*		300	300		300	300

AUSSENLAGER 4:

Sicherheitsbestand: 20 (ME)
 Anfangsbestand: 100 (ME)
 Lieferzeit: 1 (ZE)
 Bestellmenge: 100 (ME)

Zeiteinheit	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage-Pr.	20	30	25	20	15	30	35	30
phys. Bestand	80	50	25	55	40	60	25	45
Bestell-Eing.				50		50		50

ZENTRALLAGER:

Anfangsbestand: 1000 (ME)
 Lieferzeit: 2 (ZE)
 Bestellmenge: 1000 (ME)

Zeiteinheit	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage-AL 1	200		200		200			
Nachfrage-AL 2			150		150			
Nachfrage-AL 3	300	300		300	300			
Nachfrage-AL 4			50		50		50	
Gesamtnachfrage	500	300	400	300	700		50	
phys. Bestand	500	200	800	500	800	800	750	750
Bestell-Eing.			1000		1000			
Lieferant-Ausg.	1000		1000					

Tab. 4.3: Bestandsdisposition für die Außenlager und das Zentrallager mit einem DRP-System

-> ZL + 3 ZE ZL -> AL1/AL3) um 3 ZE. Jedes Außenlager disponiert nun seine Bestellmenge und seinen Sicherheitsbestand selbst und ermittelt über den gesamten Planungszeitraum hinweg seinen individuellen Bestellplan beim Zentrallager. Ein Bestelleingang wird immer dann ausgewiesen, wenn der fortgeschriebene physische Bestand den Sicherheitsbestand unterschreiten würde. Bei den in Tabelle 4.3 mit dem Sym-

bol "*" gekennzeichneten Bestelleingängen handelt es sich um bereits disponierte In-Transit-Lieferungen.

Die Bestellpläne der Außenlager werden dem Zentrallager übermittelt. Für die Bestandsdisposition im Zentrallager ist aber nicht der Zeitpunkt ausschlaggebend, an dem die Bestellungen der Außenlager dort eintreffen müssen, sondern das notwendige Versanddatum im Zentrallager. Deshalb erfolgt eine Vorlaufverschiebung um die spezifische Lieferzeit zwischen dem Zentrallager und dem betreffenden Außenlager. Anschließend werden die Bestellmengen der Außenlager periodengerecht kumuliert. Sie ergeben die durch das Zentrallager zu befriedigende Gesamtnachfrage. Die weiteren Planungsschritte auf der Zentrallagerebene entsprechen der Planungslogik auf der Außenlagerstufe mit dem Unterschied, daß infolge der (im Beispiel) deterministischen Lieferantenlieferzeit und der als deterministisch angesehenen Bestellungen der Außenlager eine Sicherheitsbestandshaltung entfällt (dies entspricht dem MRP-Konzept, Sicherheitsbestände auf flußaufwärts gelegenen Stufen durch möglichst genaue Terminplanungen zu vermeiden). Der physische Lagerbestand wird fortgeschrieben und der Eingang einer Lieferantenbestellung in jeder Periode eingeplant, in der der Lagerbestand durch die abzudeckende Außenlagernachfrage vollständig aufgezehrt würde. Durch Vorlaufverschiebung um die Lieferantenlieferzeit können die spätest erlaubten Bestelltermine bestimmt werden. Es ist anzumerken, daß bei zeitgenauer Disposition und deterministischen Lieferantenlieferzeiten von einer Bestandshaltung auf der Zentrallagerstufe theoretisch ganz abgesehen werden kann. In diesem Fall tätigt das Zentrallager beim Lieferanten nur diejenigen Bestellungen, die unmittelbar nach ihrem Eintreffen an die Außenlager wei-

tergeleitet werden. Streng genommen sollte dann statt "Zentrallager" der Begriff "zentrale Disposition" verwendet werden. Vom physischen Distributionsfluß aus betrachtet wird das Lager durch einen Umschlagspunkt abgelöst. Im Beispiel (vgl. Tabelle 4.3) wird aber eine Mindestbestellmenge beim Lieferanten von 1.000 ME unterstellt, so daß der Begriff "Zentrallager" unbedenklich beibehalten werden kann.

Zur Erklärung der DRP-Logik führt Tersine¹ zunächst das Konzept des "time-phased order point (TPOP)" ein, kritisiert aber gleichzeitig diese Namensgebung, da kein Bestellpunkt verwendet wird. Dieser Kritik muß entgegen gehalten werden, daß sich die DRP-Logik auch auf der Basis von im Planungszeitraum zeitlich veränderlichen Bestellpunkten darstellen läßt. Für unser Beispiel sei dies anhand des Außenlagers 1 in Tabelle 4.4 verdeutlicht.

AUSSENLAGER 1:

Sicherheitsbestand: 50 (ME)
Anfangsbestand: 200 (ME)
Lieferzeit: 3 (ZE)
Bestellmenge: 200 (ME)

Zeiteinheit	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage-Pr.	80	100	130	120	70	80	110	130
Bestellpunkt	400	370	320	310	370			
disp. Best. 1	320	420	290	370	300			
Lieferung ZL	200		200		200			
disp. Best. 2	520	420	490	370	500			

Tab. 4.4: DRP-System auf der Basis von im Planungszeitraum veränderlichen Bestellpunkten

¹ Vgl. Tersine, R. J., Principles of Inventory and Materials Management, a. a. O., S. 430 f.

Der Bestellpunkt wird jeweils auf Basis der vorausgeplanten Nachfragen der Folgeperioden für jede Zeiteinheit im Planungszeitraum berechnet. Unterschreitet der verfügbare Bestand¹ den Bestellpunkt, wird eine Bestellung eingeplant und der verfügbare Bestand um die Bestellmenge erhöht (= disponibler Bestand 2). Diese Vorgehensweise ist zwar nicht so übersichtlich wie das eingangs geschilderte Verfahren, dafür können die Werte der Zeile "Lieferung ZL" direkt in die Zeile "Nachfrage-AL" im Zentrallager übernommen werden.

An dieser Stelle muß darauf hingewiesen werden, daß die bisher dargestellten Planungsschritte selbstverständlich nicht rein maschinell ablaufen. Ein manuelles Eingreifen ist vielmehr an manchen Stellen möglich und in einem Planungsschritt sogar unbedingt erforderlich. So gilt es insbesondere bei der Festlegung der Endnachfragen, von denen der gesamte weitere Planungsprozess entscheidend beeinflußt wird, das vorhandene Marketing-Knowhow einzubringen. Auch die Außenlagerbestellungen werden nicht an das Zentrallager übermittelt, ohne zuvor von den Bestandsdisponenten zumindest visuell überprüft worden zu sein. Weitere Freiheitsgrade der Bestandsplanung bieten sich auf der Zentrallagerstufe. Zeitkritische Bestellungen sollten zwar ohne Rücksprache mit den Außenlagerdisponenten nicht auf spätere Termine verschoben werden, andere Bestellungen können aber früher als erforderlich vorgenommen und ausgeliefert werden. Bei dieser Vorgehensweise wird ein eventueller Informationszuwachs über Änderungen der Endnach-

¹ In der Tabelle: disponibler Bestand 1 = physischer Anfangsbestand - Periodennachfrage + bisher getätigte offene Bestellungen - Auftragsrückstände.

frage bis zum spätest erlaubten Bestell- und Ausliefertermin vergeben, dafür wird eine übergreifende Koordinierung der Lager- und Transportsteuerung erst ermöglicht. Durch das Vorziehen nicht-zeitkritischer Bestellungen können die Kapazitäten der Transportfahrzeuge besser ausgenutzt, die vorhandenen Kommissionier- und Handlingkapazitäten gleichmäßiger ausgelastet und u. U. auch Preisminderungen seitens der Lieferanten erzielt werden. Dem stehen allerdings steigende Kosten der Bestandshaltung gegenüber. Die günstigste Bestellpolitik kann daher nicht generell angegeben, sondern muß unter Einbeziehung der fall-spezifischen Umstände jeweils neu festgelegt werden.

Im Beispiel könnten die Zentrallager-Disponenten die vorausgeplante Bestellung von 1.000 ME in Zeiteinheit 3 mit der in ZE 1 erforderlichen Bestellung von ebenfalls 1.000 ME zusammenfassen, falls dadurch Kosteneinsparungen für das gesamte Distributionssystem zu erwarten sind. Wenn auch der Ergebnisbeitrag der einzelnen derartigen Entscheidung für das Gesamtunternehmen sehr klein ist, lassen sich durch die laufende Anwendung dieses Verfahrens merkliche Kostensenkungen gegenüber den klassischen Methoden der Bestandsdisposition erreichen.¹

4.2.2.3 Implementierungsvoraussetzungen

Unabdingbare Voraussetzung für die erfolgreiche Implementierung eines DRP-Systems ist ein gut funktionierendes Informationssystem. Die Zentrallagerstufe muß unbedingt über aktuelle Bestellpläne der Außenlagerstufe verfügen, um sinnvolle Entscheidungen

¹ Vgl. Martin, A. J., DRP: Distribution Resource Planning, a. a. O., S. 5 f.

treffen zu können. Die Disponenten sollten dabei von programmierbaren Rechentätigkeiten (Bestands- und Kostenwirkungen von Bestellterminänderungen!) weitgehend entlastet werden, z. B. in Form eines computergestützten Dialogs. Die DRP-Logik sollte zudem nur auf diejenigen Artikel angewendet werden, die einen bedeutenden Beitrag zu den gesamten Lagerkosten leisten. Für geringwertige Artikel und/oder Artikel mit relativ niedrigen Verkaufsstückzahlen (immerhin oft 50 und mehr Prozent des Sortiments) rechtfertigen die erzielbaren Ersparnisse bei Einsatz eines hochentwickelten Verfahrens die zusätzliche Arbeitsbelastung der Disponenten und die Aufblähung des Planungssystems nicht: "... the risk of using simpler controls is minimal: suppose 3 % of the total inventory were 10 % larger than it really needs to be."¹ Eine Artikelstrukturanalyse, die den individuellen Kostenbeitrag der Artikel aufzeigt, zählt somit ebenfalls zu den Implementierungsvoraussetzungen eines DRP-Systems.

4.2.2.4 Anbindung an MRP-Systeme der Lieferanten

Für Großhandelsbetriebe, die sich eines DRP-Systems bedienen, ist die Ausgestaltung der Schnittstelle zu den Lieferanten von besonderem Interesse. Der Einsatz elektronischer Übertragungsmedien ist ratsam, um unnötige Lieferzeitverlängerungen, die sich in einer erhöhten Sicherheitsbestandshaltung äußern können, zu vermeiden. Andererseits ist es mit den geschilderten Instrumenten möglich, eine durchgängige, die institutionellen Grenzen überwindende Planung des Materialflusses vom Hersteller über den

¹ Vgl. Brown, R. G., Materials Management Systems, a. a. O., S. 250.

Großhändler zum Kunden zu erreichen. In reinen Industriebetrieben, die zur Steuerung des Distributions-systems ein DRP-System verwenden, zählt der Bestellplan des Zentrallagers zu den wichtigsten Inputdaten bei der Erstellung des Produktionsplans für Endprodukte, der seinerseits den Ausgangspunkt für die MRP-Steuerung bildet. Das Verhältnis zwischen Großhandelsbetrieb und Lieferant ist dagegen oft durch Mehrfachbeziehungen gekennzeichnet; der Großhändler kann auf mehrere Lieferanten zurückgreifen und ein Hersteller beliefert mehrere Händler. Bedingt durch die wachsende Konzentration auf beiden Seiten wird es aber in zunehmendem Maße Lieferbeziehungen geben, bei denen ein Hauptlieferant eines Großhändlers diesen Großhändler gleichzeitig zu seinen wichtigsten Kunden rechnet.

In solchen Relationen kann die Verknüpfung des DRP-Systems des Großhändlers mit dem MRP-System des Produzenten (u. U. über ein vernetztes Computersystem) für beide Seiten sinnvoll sein¹. Zwar muß der Großhändler seine Bestellpläne dann früher festlegen, da er in die Vorlaufzeiten außer den reinen Transportzeiten auch die Fertigungszeiten des Lieferanten einbeziehen muß, er kann dafür aber auf eine sichere Einhaltung der Lieferzeit vertrauen. Für den Produzenten ergibt sich die Möglichkeit, seine Produktionsplanung an der dann gut bekannten Nachfrage zu orientieren und so unnötige Lagerzeiten zu vermeiden. An diesen Ersparnissen könnte der Großhändler (z. B. über Sonderrabatte für vorausgeplante Bestellungen) partizipieren.

¹ Vgl. Coyle, J. J./ Bardi, E. J./ Langley, C. J., The Management of Business Logistics, 4th Ed., St. Paul 1988, S. 226 f.

Der für den Großhändler bedeutendste Effekt geht allerdings von der besser planbaren Lieferzeit aus. Eine im Mittel längere, aber gut kalkulierbare Lieferzeit kann sich auf die Bestandskosten positiver auswirken als eine kürzere, stark schwankende Lieferzeit. Ein einfaches Beispiel mag diesen Zusammenhang verdeutlichen: Für einen bestimmten Artikel bestehe das stark abstrahierte Distributionssystem eines Großhändlers nur aus einem Zentrallager und einem Außenlager. Die durch das Außenlager zu befriedigende Endnachfrage gehorche approximativ einer Normalverteilung mit einem Mittelwert von 1000 ME/ZE (Mengeinheiten pro Zeiteinheit) und einer Standardabweichung (Maß für die Nachfrageschwankung) von 300 ME/ZE. Der Außenlagerdisponent bestellt beim Zentrallager in Losen zu 4000 ME. Von dem Zentrallager, das auf dem physischen Distributionsweg eine reine Umschlagsfunktion erfüllt, werden diese Bestellungen unverändert und unverzüglich an einen Lieferanten weitergegeben. Das Außenlager beobachtet von dem Zentrallager eine mittlere Lieferzeit von 6 ZE. Diese Lieferzeit schwankt allerdings, sie ist näherungsweise normalverteilt mit einer Standardabweichung (Maß für die Schwankung der Lieferzeit) von 2 ZE. Es wird eine Lieferbereitschaft, hier interpretiert als der Anteil der auf lange Sicht unmittelbar befriedigten Endnachfrage, von 98 % gefordert. Um die postulierte Lieferbereitschaft erfüllen zu können, muß das Außenlager unter diesen Bedingungen einen Sicherheitsbestand von 2.962 ME halten.

Es sei nun angenommen, daß sich durch Anschluß an ein MRP-System des Lieferanten die mittlere Lieferzeit um 100 % auf 12 ZE verlängere. Dafür werde die Lieferzeit jetzt besser eingehalten: Die Standardabweichung der Lieferzeitverteilung sinke um 50 % auf

1 ZE. Der im Außenlager erforderliche Sicherheitsbestand reduziert sich durch diese Maßnahmen auf 1.738 ME. Durch eine längere, aber zuverlässigere Lieferzeit können in diesem Fall die Sicherheitsbestände (und die abhängigen variablen Kosten, wie z. B. die Kapitalbindungskosten für Sicherheitsbestände) um ca. 41 % und die gesamten Lagerbestände (Arbeits- und Sicherheitsbestände ohne In-Transit-Bestände) um ca. 25 % vermindert werden. Das konkrete Resultat wird natürlich durch die jeweiligen artikelspezifischen Daten (insbesondere die Parameter der Nachfrage- und der Lieferzeitverteilungen) erheblich beeinflusst. Es läßt sich aber sagen, daß ceteris paribus die Ersparnisse durch Anschluß an ein MRP-System mit steigendem mittleren Nachfrageniveau oder mit sinkenden Nachfrageschwankungen zunehmen. Auch aus diesem Grund sollten vorrangig die in der Regel gut prognostizierbaren nachfragestarken Artikel in ein kombiniertes MRP/DRP-System übernommen werden. Die Lieferanten, die hierfür ausgewählt werden, müssen über ein zuverlässig arbeitendes, flexibles MRP-System verfügen, damit die Dispositionsvorlaufzeiten so gering wie möglich ansteigen und gut planbare Lieferzeiten erzielt werden.

4.2.3 Die Methode der "fair shares"

4.2.3.1 Abgrenzung der "fair shares"-Methode von Pull-Systemen

Die "fair shares"-Methode, entwickelt von R. G. Brown¹ geht von einer gänzlich anderen Auffassung

¹ Vgl. Brown, R. G., Materials Management Systems, a. a. O., S. 351 ff.

der Systemsteuerung aus als dies bei den bisher besprochenen Systemen der Fall war. Während die mit der Wiederauffüllung der Außenlagerbestände verbundenen Entscheidungen beim DRP-System in der Verantwortung der Außenlagerdisponenten liegen, hat das Zentrallager nur darüber zu entscheiden, wie den von den Außenlagern vorgegebenen Lieferterminen und Liefermengen durch die Transportplanung und die Bestellpolitik gegenüber den Lieferanten in möglichst kostenoptimaler Weise entsprochen werden kann. Beim DRP-System und auch dem Basisbestandssystem handelt es sich um Pull-Systeme, in denen jedes Lager seinen Bestandsnachschub autonom bestimmen kann.

Eine Lagernachschubdisposition unter Anwendung der "fair shares"-Methode ist dagegen durch eine wesentliche Stärkung der zentralen Entscheidungsbefugnisse gekennzeichnet. Der Grundgedanke der "fair shares"-Methode besteht darin, daß von einem bestimmten, im gesamten Distributionssystem vorhandenen Bestand insbesondere bei sich abzeichnender Knappheitssituation nur dann ein systemweit optimaler Service geboten werden kann, wenn nicht das einzelne Außenlager seinen Anteil am Gesamtbestand selbst disponieren kann, sondern wenn eine zentrale Steuerung den Außenlagern gerechte Anteile ("fair shares") am Gesamtbestand zukommen läßt. Es soll verhindert werden, daß einzelne Außenlager zu dem Zeitpunkt, an dem ihre nächste Bestandsauffüllung erfolgt, noch über relativ hohe Eigenbestände verfügen, während in anderen Außenlagern bereits Rückstände auftreten. Durch eine gerechtere Bestandsaufteilung können entsprechende Lager- und Fehlmengenkosten vermieden werden. Da bei einer systemweiten Bestandsknappheit von den Außenlagerdisponenten nicht verlangt werden kann, ihre eigenen Interessen zugunsten anderer

Außenlager zurückzustellen, muß eine zentrale Entscheidungsinstanz eingreifen. Bei Push-Systemen, zu denen die "fair shares"-Methode zählt, wird der Bestandsnachschieb somit über einen zentralen Allokationsmechanismus gesteuert.

4.2.3.2 Disposition der Außenlagerbestände

Zur Erläuterung der "fair shares"-Methode sei noch einmal auf das Beispiel aus Abschnitt 4.2.2.2 zurückgegriffen. In Tabelle 4.5 sind alle entscheidungsrelevanten Daten für die Nachschubdisposition der Außenlager aufgelistet.

Zur übersichtlicheren Darstellung sind die Anfangsbestände der Außenlager um die unterwegs befindlichen Lieferungen des Zentrallagers vermehrt. Die kumulierten Bruttobedarfe errechnen sich aus dem unter Beachtung des gewünschten lokalen Serviceniveaus disponierten Sicherheitsbestand und den Nachfrageprognosen. Nach Abzug des Anfangsbestandes (inklusive der bereits zugesagten Lieferungen des Zentrallagers) ergeben sich die jeweiligen Nettobedarfe. Diese sind i. d. R. für die auf den Betrachtungszeitpunkt unmittelbar folgenden Perioden negativ, da der noch vorhandene Außenlagerbestand ausreicht, um die Nachfrage während dieses Zeitraums zu befriedigen. Für weiter in der Zukunft gelegene Perioden weisen die kumulierten Nettobedarfe dann positive Werte aus, die durch Nachschubaktionen des Zentrallagers abzudecken sind. In der Zeile "VD ZL/ED AL" sind das spätest erlaubte Eingangsdatum der nächsten Bestandsauffüllung beim Außenlager durch das Symbol "+" und das unter Verwendung der spezifischen Lieferzeit errechnete spätest erlaubte Versanddatum im

AUSSENLAGER 1:

Sicherheitsbestand: 50 (ME)

Anfangsbestand: 400 (ME) (inkl. 200 In-Transit; Zugang in ZE2)

Lieferzeit: 3 (ZE)

Zeiteinheit	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage-Pr.	80	100	130 / 120	70	80	110	130	
kum. Bruttobed.	130	230	360 / 480	550	630	740	870	
kum. Nettobed.	-270	-170	-40 / 80	150	230	340	470	
VD ZL / ED AL	*			+				

AUSSENLAGER 2:

Sicherheitsbestand: 30 (ME)

Anfangsbestand: 300 (ME)

Lieferzeit: 2 (ZE)

Zeiteinheit	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage-Pr.	40	80 / 70	50	70	60	90	70	
kum. Bruttobed.	70	150 / 220	270	340	400	490	560	
kum. Nettobed.	-230	-150 / -80	-30	40	100	190	260	
VD ZL / ED AL			*		+			

AUSSENLAGER 3:

Sicherheitsbestand: 100 (ME)

Anfangsbestand: 700 (ME) (inkl. 300 In-Transit; Zugang in ZE2)

Lieferzeit: 3 (ZE)

Zeiteinheit	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage-Pr.	160	200	130 / 240	250	160	180	200	
kum. Bruttobed.	260	460	590 / 830	1080	1240	1420	1620	
kum. Nettobed.	-440	-240	-110 / 130	380	540	720	920	
VD ZL / ED AL	*			+				

AUSSENLAGER 4:

Sicherheitsbestand: 20 (ME)
 Anfangsbestand: 100 (ME)
 Lieferzeit: 1 (ZE)

Zeiteinheit	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage-Pr.	20 / 30	25	20	15	30	35	30	
kum. Bruttobed.	40 / 70	95	115	130	160	195	225	
kum. Nettobed.	-60 / -30	-5	15	30	60	95	125	
VD ZL / ED AL			*	+				

Tab. 4.5: Ausgangsdaten zur Berechnung der "fair shares"

Zentrallager durch das Symbol "*" dargestellt. Für das Außenlager 1 z. B. muß die nächste Lieferung spätestens in ZE 4 eingehen, da hier der kumulierte Bruttobedarf erstmals positiv wird. Die Lieferzeit (in der Tabelle 4.5 durch das Symbol "/" dargestellt) beträgt 3 ZE, so daß als Versanddatum im Zentrallager spätestens ZE 1 erlaubt ist.

Nehmen wir nun an, das Zentrallager verfüge über einen Bestand von 1.000 ME. Wie ist dieser Bestand auf die vier Außenläger zu verteilen, damit im gesamten Distributionssystem ein möglichst einheitlicher Lieferservice geboten wird? Die Anteile der einzelnen Außenläger am auszuliefernden Zentrallagerbestand werden so festgesetzt, daß jedes Außenlager unter Beachtung seiner individuellen Bestands- und Nachfragesituation einen gleich guten Lieferservice bieten kann. Aus Tabelle 4.5 erkennen wir, daß die disponiblen Bestände in allen vier Außenlagern höher sind als die jeweiligen Bestellpunkte. Letztere können für die Periode, die der Lieferzeit entspricht, der Zeile "kumulierter Bruttobedarf" ent-

nommen werden (AL 1: 360 ME, AL 2: 150 ME, AL 3: 590 ME und AL 4: 40 ME). Der spezifische Mehrbestand ist in der Zeile "kumulierter Nettobedarf" als Minusbetrag ausgewiesen (AL 1: 40 ME, AL 2: 150 ME, AL 3: 110 ME und AL 4: 60 ME). Da in diesem Fall der Lieferzeitbedarf bereits durch die lokal verfügbaren Bestände abgedeckt ist, wird eine einheitliche Bestandsreichweite in allen Außenlagern über die jeweilige Wiederbeschaffungszeit hinaus angestrebt.

In Tabelle 4.6 sind für alle Außenlager die kumulierten Nettobedarfe bei Ablauf der Wiederbeschaffungszeit und die Nachfrageprognosen der vier Folgeperioden aufgelistet.

	kum. Nettobedarf	Nachfrageprognosen			
		LZ + 1	LZ + 2	LZ + 3	LZ + 4
AL 1	-40	120	70	80	110
AL 2	-150	70	50	70	60
AL 3	-110	240	250	160	180
AL 4	-60	30	25	20	15
SUMME	-360	460	395	330	365

Tab. 4.6: Kumulierter Nettobedarf am Ende und Nachfrageprognosen nach Ablauf der Wiederbeschaffungszeit für alle Außenlager bei einem Zentrallagerbestand von 1.000 ME

Insgesamt ist im Distributionssystem somit ein Bestand von 1.360 ME verfügbar, um die auf die Lieferzeitspanne folgenden Nachfragen zu befriedigen. Dieser Bestand reicht aus, um der Nachfrage der Perioden Lieferzeit (LZ) + 1, LZ + 2 und LZ + 3 ganz, sowie der Periode LZ + 4 teilweise (zu 47,95 %) zu

entsprechen. Die fair shares berechnen sich dann wie folgt:

AL 1:	- 40 + 120 + 70 + 80 + 0.4795 * 110 =	283 ME
AL 2:	-150 + 70 + 50 + 70 + 0.4795 * 60 =	69 ME
AL 3:	-110 + 240 + 250 + 160 + 0.4795 * 180 =	626 ME
AL 4:	- 60 + 30 + 25 + 20 + 0.4795 * 15 =	22 ME

		1000 ME
		=====

Nach Zuteilung der fair shares ergibt sich in allen Außenlagern eine Bestandsreichweite von LZ + 3,4795 Zeiteinheiten (AL 1 und AL 3: ca. 6,5 ZE, AL 2: ca. 5,5 ZE, AL 4: ca. 4,5 ZE).

Bei einem Zentrallagerbestand von 495 ME sei nun im gesamten Distributionssystem ein Bestand von 855 ME für Verteilungszwecke verfügbar. Dieser Bestand entspricht genau den Nachfragen der Perioden LZ + 1 und LZ + 2. Da aber am Ende der Periode LZ + 2 die Außenlager 2 und 4 noch einen positiven Eigenbestand aufweisen (vgl. Tab. 4.5), müßten diese Restbestände nach den Außenlagern 1 und 3 umgelagert werden.

Brown¹ empfiehlt eine derartige Umverteilung auf der Außenlagerebene nur dann, wenn die Bedingungen

- in naher Zukunft ist keine Lieferung des Zentral-lagers zu erwarten
- einige Außenlager haben extrem niedrige Bestände
- der Wert der Überbestände in anderen Außenlagern überschreitet einen (an den individuellen Kosten einer Umlagerungsaktion orientierten) Grenzwert

¹ Vgl. Brown, R. G., Advanced Service Parts Inventory Control, 2nd Ed., Norwich 1982, S. 399 f.

- die Überbestände der anderen Außenlager sind nicht nur kurzfristiger Natur

gleichzeitig erfüllt sind. Ein Umverteilungsalgorithmus wird von Brown beschrieben.¹ In unserem Beispiel sind mehrere Bedingungen offensichtlich nicht erfüllt, so daß eine Umlagerung nicht in Betracht gezogen werden sollte. Stattdessen werden die sich ohnehin in kurzer Zeit abbauenden Überbestände der Außenlager 2 und 4 ignoriert.

Tabelle 4.7 beschreibt die neue Ausgangssituation der Bestandsallokation.

	kum. Nettobedarf	Nachfrageprognosen			
		LZ + 1	LZ + 2	LZ + 3	LZ + 4
AL 1	-40	120	70	80	110
AL 3	-110	240	250	160	180
SUMME	-150	360	320	240	290

Tab. 4.7: Kumulierter Nettobedarf am Ende und Nachfrageprognosen nach Ablauf der Wiederbeschaffungszeit für die Außenlager 1 und 3 bei einem Zentrallagerbestand von 495 ME

Es steht im gesamten Distributionssystem ein Bestand von $495 \text{ ME} + 150 \text{ ME} = 645 \text{ ME}$ für die Verteilung auf die Außenlager 1 und 3 zur Verfügung. Nach Abzug der Nachfrage der Periode LZ + 1 verbleiben noch 285 ME für die Periode LZ + 2 (89,06 % der Nachfrage). Die fair shares berechnen sich wie folgt:

¹ Vgl. Brown, R. G., Materials Management Systems, a. a. O., S. 340 ff.; ders., Advanced Service Parts Inventory Control, a. a. O., S. 329 ff.

AL 1:	- 40 + 120 + 0.8906 * 70 =	142 ME
AL 3:	-110 + 240 + 0.8906 * 250 =	353 ME

		495 ME
		=====

Für die Außenlager 1 und 3 ergibt sich nach Zuteilung der fair shares eine Bestandsreichweite von ca. 4,89 ZE (LZ + 1,89 ZE), für das Außenlager 2 von ca. 4,43 ZE (LZ + 2,43 ZE) und für das Außenlager 4 von 3,25 ZE (LZ + 2,25 ZE).

Bei den beiden dargestellten Beispielen handelt es sich nicht um ausgesprochene Knappheitssituationen. Für echte Bestandsengpässe empfiehlt Brown ein nach dem Grad der Knappheit abgestuftes System von Allokationsregeln.¹ Im Grunde genommen streben aber alle Regeln eine einheitliche Bestandsversorgung im gesamten Distributionssystem an. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß mit der Anwendung der Allokationsmechanismen nur einer kurzfristigen Engpaßsituation begegnet werden kann. Längerfristige Lieferschwierigkeiten der Lieferanten führen zu einem systemweiten Kollaps.

Ist dagegen auf der Zentrallagerstufe ein Bestand vorhanden, der weit über das zur Auffüllung der Außenlagerbestände bis zu den Bestellpunkten erforderliche Maß hinausgeht, sollten zentral gelagerte Sicherheitsbestände aufgebaut werden. Eine zu frühzeitige Verteilung von Überbeständen blockiert spätere zentrale Bestandskompensationen bei lokalen Nachfrageentwicklungen, die von den Prognosen erheblich abweichen und daher von den lokalen Sicherheitsbeständen nicht aufgefangen werden können.

¹ Vgl. Brown, R. G., Advanced Service Parts Inventory Control, a. a. O., S. 384 ff.

4.2.3.3 Auslösung einer Bestandsallokation und Disposition der Zentrallagerbestände

Die Auslösung einer Bestandsallokation und die Disposition der Zentrallagerbestände in Push-Systemen verlaufen ereignisorientiert¹. Im Unterschied zum DRP-System werden keine vorausgeplanten Bestellungen durch das Distributionssystem geschleust, sondern es werden momentan verfügbare Bestände auf der Basis berechneter Nettobedarfe disloziert. Es gilt der Grundsatz, daß Allokationsentscheidungen so spät wie möglich getroffen werden, damit aktuelle lokale Bestands- und Nachfrageinformationen Berücksichtigung finden. Eine Bestandsallokation für einen Artikel ist dann erforderlich, wenn

- (1) eine Bestellung bei den Lieferanten dort versandbereit ist oder wenn
- (2) der disponible Bestand dieses Artikels in irgendeinem Außenlager den Bestellpunkt unterschreitet.

Im zweiten Fall muß eine sofortige Lieferung an das betreffende Außenlager veranlaßt werden, um das Auftreten einer Fehlmenge zu vermeiden. Ist dagegen eine Bestellung beim Lieferanten versandbereit, dient die vorgeschlagene Bestandsallokation dazu, Direktlieferungen von den Lieferanten an die Außenlager zu ermöglichen und so die Lager- sowie die Kommissionier- und Handlingkapazitäten des Zentrallagers nicht zu beanspruchen. Zudem können u. U. Transportkosten eingespart werden. Falls Direktlie-

¹ Vgl. hierzu Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., S. 483 ff.

ferungen an die Außenlager nicht zugelassen sind (z. B. weil bestimmte Mindestsendungsgrößen erreicht werden müssen), kann der Zeitpunkt der Bestandsallokation bis zum Eingang der Lieferung beim Zentrallager aufgeschoben werden.

Die Verteilung der eingehenden Bestellmenge auf die einzelnen Außenlager (Direktumschlag im Zentrallager) kann auch dann, wenn die disponiblen Außenlagerbestände die Bestellpunkte noch nicht unterschritten haben, sinnvoll sein, da die Belastung der Ein- und Auslagerungskapazitäten im Zentrallager vermieden wird. Um das Risiko einer (aus späterer Sicht betrachteten) Falschverteilung der Bestände zu begrenzen, sollten nur diejenigen Außenlager sofort beliefert werden, deren disponible Bestände nicht zu hoch über den jeweiligen Bestellpunkten liegen. Diesbezügliche Entscheidungen müssen von verantwortlichen Disponenten unter Würdigung sowohl der entscheidungsabhängigen Kosten als auch der zentralen und dezentralen Lager- und Handling- sowie der Transportkapazitäten getroffen werden; die Computerunterstützung beschränkt sich auf Vorschläge.

Die Auslösung einer Bestellung bei den Lieferanten kann über einen Bestellpunktmechanismus gesteuert werden. Der Bestellpunkt berücksichtigt die über alle Außenlager kumulierten Nettobedarfe für die Anzahl von Perioden, die der Wiederbeschaffungszeit des Zentrallagers bei den Lieferanten entspricht. Vor der Kumulierung der Nettobedarfe wird eine Vorlaufverschiebung um die spezifischen Lieferzeiten vom Zentrallager zu den Außenlagern durchgeführt. Der Bestellpunkt wird mit dem disponiblen Bestand im

Gesamtsystem¹ verglichen. Eine Bestellung wird eingeplant, wenn der disponible Systembestand den Bestellpunkt unterschreitet. Es sei angemerkt, daß in die Nettobedarfe auch zentrale und dezentrale Sicherheitsbestände einbezogen werden können. Für unser Beispiel (vgl. Tab. 4.5) ergibt sich bei einem Zentrallagerbestand von 1.000 ME die in Tabelle 4.8 dargestellte Entwicklung des Bestellpunktes und des disponiblen Systembestandes.

Aus Tabelle 4.8 ist zu ersehen, daß spätestens in ZE 2 eine Bestellung an die Lieferanten aufgegeben werden muß. Diese trifft in ZE 4 beim Zentrallager ein und erreicht die Außenlager, aufgeteilt in fair shares, zum Zeitpunkt LZ + 4. Die Bestellmenge kann mittels der klassischen Methoden der Bestellmengenberechnung² bestimmt werden.

Zeiteinheit	0	1	2	3	4
disp. Bestand	2300	2000	1590		
Bestellpunkt	1795	1825	1780		

Tab. 4.8: Disposition des Zentrallagerbestandes über ein Bestellpunktverfahren

¹ Disponibler Bestand im Gesamtsystem = physischer Zentrallagerbestand + offene Bestellungen + unterwegs befindliche Lieferungen an die Außenlager + physische Außenlagerbestände - Auftragsrückstände.

² Vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., Kap. 5 - 7.

4.2.3.4 Transportplanung

Die Disposition der Außenlagerbestände nach der "fair shares"-Methode ermöglicht eine integrierte Planung der Transporte von der Zentrallagerstufe zu den Außenlagern. Die insgesamt für den Versand auf den einzelnen Transportrelationen zur Verfügung stehende Ware, d. h. die "fair shares" der Außenlager, läßt sich nach geeigneten Teilsendungsgrößen (Paletten, Gitterboxen etc.) runden und aufteilen. Jede Teilsendung wird mit ihrem spätest erlaubten Versanddatum in eine Aufstellung der geplanten Warenauslieferungen übernommen. So kann z. B. eine Sendung von 3 Paletten eines Artikels an ein Außenlager, das für diesen Artikel eine durchschnittliche Nachfrage von einer Palette pro Monat aufweist, in drei Teilsendungen von jeweils einer Palette aufgeteilt werden, wobei zwischen den spezifischen spätest erlaubten Versanddaten ein Zeitraum von einem Monat liegt.

Durch die Auffüllung von freien Ladungskapazitäten mit nicht terminkritischen Sendungen oder Teilsendungen können Transportkosten gespart sowie die Warenausgangskapazität im Zentrallager und die Wareneingangskapazität im empfangenden Lager gleichmäßiger beansprucht werden. Andererseits wird durch die Angabe des spätest erlaubten Versanddatums und durch eine dementsprechende Sortierung der Sendungsdaten die Aufmerksamkeit der Disponenten gezielt auf die terminkritischen Auslieferungen gelenkt.¹

¹ Vgl. auch Crabtree, D., Distribution Logistics - An Appraisal of Alternative Methods, a. a. O., S. 53 f.; Brown, R. G., Advanced Service Parts Inventory Control, a. a. O., S. 388 f.; ders., Materials Management Systems, S. 359 ff.

4.2.3.5 Implementierungsvoraussetzungen

Grundsätzlich gelten für Push-Systeme dieselben Implementierungsvoraussetzungen, wie sie für Pull-Systeme bereits aufgezeigt wurden.¹ Bei einem Sortimentsumfang von mehreren hundert bis mehreren tausend Artikeln ist für Push-Systeme allerdings die Existenz eines vernetzten Computersystems unabdingbar. Die neugeplanten Bestellungen der Außenläger lassen sich im DRP-System bis zu einem gewissen Grad des Sortimentsumfangs auch mit manuell betriebenen Medien übermitteln (Telefon, Telex etc.). In einem Push-System dagegen ist es von ausschlaggebender Bedeutung, daß die zentrale Entscheidungsinstanz über aktuelle Bestands- und Nachfragedaten aller Distributionsebenen verfügt. Durch die konsequente Nutzung der Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Computer- und Kommunikationstechnologie² ist die Vernetzung der zentralen und dezentralen DV-Systeme heute kein Problem mehr, sofern auf Kompatibilität geachtet wird.

¹ Vgl. Abschnitt 4.2.2.3

² Vgl. Abschnitt 2.2, S. 37 ff.

4.3 Entwicklung und beispielhafte Anwendung eines Simulationsmodells für die methodische Auswahl von mehrstufigen Bestandsdispositionssystemen

4.3.1 Allgemeine Auswahlkriterien

Zur Auswahl von einem der beschriebenen modernen Verfahren der Bestandsdisposition für den spezifischen Anwendungsfall können folgende Kriterien herangezogen werden:

- (1) die Summe der zu erwartenden entscheidungsabhängigen Kosten,
- (2) der aus einem gegebenen Bestand erreichbare Lieferservice
- (3) die Flexibilität in der Handhabung des Verfahrens und
- (4) der Komplexitätsgrad des Verfahrens.

Das Basisbestandssystem wird wegen der in Abschnitt 4.2.1.2 beschriebenen Kritik nicht in den Verfahrensvergleich aufgenommen. Der Vergleich beschränkt sich somit auf das DRP-System und die Methode der "fair shares".

zu (1):

Bezüglich der Arbeits- und Sicherheitsbestandskosten sind bei der "fair shares"-Methode günstigere Ergebnisse zu erwarten. Die Arbeitsbestände sind deshalb geringer, weil die Bestellpolitik gegenüber den Lieferanten nicht darin besteht, suboptimale Bestellmengen der Außenlager weiterzuleiten, sondern die Erfordernisse des gesamten Distributionssystems Berücksichtigung finden. Dies äußert sich in niedrigeren Arbeitsbeständen für das Gesamtsystem. Im Rechenbeispiel aus Abschnitt 4.2 kann dieser Effekt

daran aufgezeigt werden, daß bei Anwendung des DRP-Systems die nächste Lieferung an das Zentrallager bereits in ZE 1 (vgl. Tab. 4.3) aufgegeben werden muß, damit im Zentrallager keine Fehlmenge auftritt. Bei der Disposition nach der "fair shares"-Methode ist eine Versendung in ZE 2 ausreichend.¹ Bei gegebenen Kundennachfragen errechnet sich im DRP-System eine längere durchschnittliche Lagerdauer des Bestandes und ein höherer mittlerer Bestand. Die vorstehende Argumentation kann allerdings nur dann aufrecht erhalten werden, wenn als Versendungsgrößen an die Außenlager echte "fair shares" kommissioniert werden können. Das ist vor allem dann der Fall, wenn eine relativ geringe Zahl von Artikeln mit hohen durchschnittlichen Versandstückzahlen abzufertigen ist und Standard-Versandeinheiten daher nur eine untergeordnete Rolle spielen. Großhandelsbetriebe zeichnen sich aber gerade durch einen i. d. R. großen Sortimentsumfang und eher kleine Versandstückzahlen an die Außenlager aus. Um Handling- und Kommissionierkosten zu sparen, muß deshalb oft auf die Einhaltung von Standard-Versandeinheiten (Paletten, Gitterboxen, Kartons etc.) besonderes Gewicht gelegt werden. Die vorteilhafte Auswirkung der "fair shares"-Methode auf die Arbeitsbestände kann dann in den Hintergrund gedrängt werden. Wenn im DRP-System die Standard-Versandeinheiten als Bestellmengen verwendet werden, kann sich sogar ein abwicklungstechnischer Vorteil für das DRP-System ergeben, da mit ganzen Versandeinheiten geplant wird und diese nicht erst später durch Rundungsvorgänge berücksichtigt werden.

¹ Zu den Arbeitsbestandskosten vgl. auch Brown, R. G., Advanced Service Parts Inventory Control, a. a. O., S. 402 f.; Crabtree, D., Distribution Logistics - An Appraisal of Alternative Methods, a. a. O., S. 56.

Auch die Kosten für das Halten von Sicherheitsbeständen sind in einem Push-System bei gleichem Servicegrad erwartungsgemäß geringer als in einem Pull-System. Die Ursache für diesen Effekt liegt darin, daß die Sicherheitsbestände bei zentraler Steuerung ganz oder teilweise zentral gelagert werden können. Der Nachschub der zentral gehaltenen Sicherheitsbestände erfolgt dann erst bei drohender Fehlmengensituation. Jönsson und Silver untersuchen detailliert eine derartige Strategie für ein zweistufiges Distributionssystem.¹ Nachfrageschwankungen in den Liefergebieten der einzelnen Außenlager gleichen sich auf der Ebene des gesamten Distributionssystems teilweise aus, so daß insgesamt niedrigere Sicherheitsbestände benötigt werden, als wenn jedes Außenlager eine autonome Sicherheitsbestandshaltung betreibt. Bei voneinander statistisch unabhängigen Verteilungen der Nachfrage in den Liefergebieten der Außenlager sowie annähernd gleich großen Liefergebieten und Lieferbereitschaftsvorgaben steigt der vollständig zentral gelagerte Sicherheitsbestand näherungsweise nur mit der Wurzel aus der Zahl der Außenlager.² Trotz dezentraler Lagerung der Bestände können allerdings auch in einem Pull-System die Sicherheitsbestände reduziert werden. Entscheidend für die Höhe der Sicherheitsbestände ist nicht die Art der Lagerung, sondern die Gestaltung der Zugriffsrechte. Wenn bei dezentraler Sicherheitsbestandshaltung drohende Fehlmengensituationen in einigen Lägern durch Ausgleichslieferungen (Nachschub nicht

¹ Vgl. Jönsson, H./ Silver, E. A., Stock Allocation from a Central Warehouse in a Two-Location Push Type Inventory Control System, a. a. O.

² Vgl. hierzu Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., S. 481 f.

kurzfristig benötigter Sicherheitsbestände) anderer Lager aufgefangen werden, sind insgesamt keine höheren Sicherheitsbestände erforderlich als bei zentralisierter Lagerung. In diesem Fall muß aber auf die Nutzung transportkostenoptimaler Verbindungen (z. B. ohnehin bestehender Transportrelationen zum Zentrallager) geachtet werden, damit die Ersparnisse bei den Sicherheitsbestandskosten nicht durch steigende Transportkosten aufgezehrt werden.

Bei den Kommissionier- und Handlingkosten können keine wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Verfahren erkannt werden. Brown¹ beschreibt einen Vorteil zugunsten der "fair shares"-Methode, der daraus resultiert, daß bei einer Bestandsallokation gleichzeitig mehrere Außenlager zu beliefern sind. Somit wird im Zentrallager eine geringere Zahl von Zugriffen erforderlich als zur Befriedigung der in zufälligem zeitlichen Abstand eintreffenden Bestellungen im DRP-System. Dieser Vorteil ist jedoch nur bei einer zweistufigen Kommissionierung vorhanden. Wird einstufig kommissioniert, bedingen die Bestellungen im DRP-System ebenso einen neuen Zugriff wie die fair shares der einzelnen Außenlager. Zudem kann es aus Gründen der Transportoptimierung vorteilhaft sein, die Allokationsmengen in Teilsendungen aufzuspalten.² Dann ist für jede Teilsendung ein neuer Zugriff erforderlich. Schließlich muß bedacht werden, daß sich die Ausführungen von Brown auf ein Distributionssystem mit unmittelbar vorgeschalteter Produktionsstufe beziehen. Für den Fall, daß in einem Großhandelsbetrieb Direktlieferungen von den

¹ Vgl. Brown, R. G., Advanced Service Parts Inventory Control, a. a. O., S. 403 f.

² Vgl. Abschnitt 4.2.3.4 dieser Arbeit.

Lieferanten an die Außenlager durchgeführt werden, verlagern sich eventuelle Ersparnisse bei den Kommissionierkosten in den Ergebnisbereich der Lieferanten.

Auch bezüglich der Transportkosten ist kein systematischer Vorteil eines Verfahrens ableitbar. Die Tertiärtransportkosten (Belieferung der Kunden) sind entscheidungsunabhängig, da sie nicht durch die Bestandsdisposition des Großhändlers, sondern durch das Bestellverhalten der Kunden verursacht werden. Für die Optimierung der Transportmittelauslastung im Sekundärtransport (Belieferung der Außenlager) stehen in beiden Fällen operationale Methoden zur Verfügung.¹ Die Primärtransportkosten (Versorgung der Großhandelslager ab Lieferant) werden durch die Wahl des Dispositionsverfahrens nicht entscheidend beeinflusst. Bei beiden Verfahren können über die Vorgabe von Mindestbestellmengen des Zentrallagers transportkostengünstige Sendungsgrößen erreicht werden. Die Direktbelieferung der Außenlager durch Hauptlieferanten kann ebenfalls mit beiden Verfahren unterstützt werden.

Sammelbestellungen zur Reduzierung der Wareneinstandskosten erfordern sowohl bei der "fair shares"-Methode als auch im DRP-System eine Erweiterung der Dispositionsmechanismen. Es ist aber offensichtlich, daß lagerübergreifende Bestellentscheidungen in einem zentralisierten Bestellsystem, das unmittelbar auf alle erforderlichen Informationen zurückgreifen kann, einfacher zu treffen sind als in einem dezen-

¹ Vgl. Abschnitt 4.2.2.2 und 4.2.3.4 dieser Arbeit; vgl. auch Crabtree, D., Distribution Logistics - An Appraisal of Alternative Methods, a. a. O., S. 54 und S. 56.

tral organisierten System. Die Kosten des Bestellsystems favorisieren ebenso eine zentralisierte Disposition. Ein zentrales Bestellsystem ist kostengünstiger zu führen als mehrere dezentrale Bestellsysteme. Andererseits ist der Aufwand für Datenübertragung in einem zentralisierten Bestellsystem höher, da im Gegensatz zum dezentral organisierten System keine Bestellungen, sondern alle aktuellen Bestands- und Nachfragedaten (Massendaten) weitergemeldet werden müssen.

zu (2):

Der Ansatzpunkt der "fair shares"-Methode liegt gerade darin, daß aus einem gegebenen Bestand im gesamten Distributionssystem ein optimaler Lieferer-service gewährt wird. Dies wird erreicht, indem die Bestandsversorgung der Außenlager eine einheitliche Reichweite über den Bestellpunkt hinaus anstrebt.¹ Es ist evident, daß insbesondere beim Auftreten kurzfristiger Bestandsengpässe ein Push-System somit komparative Vorteile (geringere Fehlmengekosten) gegenüber einem Pull-System aufweist. Ein Großhändler kann aber häufig unter mehreren Lieferanten wählen und deshalb bei Lieferschwierigkeiten des einen Lieferanten auf einen anderen ausweichen. Kurzfristige Bestandsengpässe lassen sich dennoch nicht gänzlich ausschließen. Ob der verfahrenstechnische Vorteil bei der Aufteilung eines gegebenen Bestandes aber ausreicht, einem Push-System den Vorzug zu geben, kann nicht generell, sondern nur unter Würdigung der konkreten Umstände des Einzelfalles entschieden werden.

¹ Vgl. Abschnitt 4.2.3.2 dieser Arbeit.

zu (3):

Beide Verfahren reagieren in flexibler Weise auf Änderungen der Inputdaten. Wird mit einem DRP-System disponiert, sind Revisionen der Bestell- und Lieferpläne erforderlich. Für die "fair shares"-Methode besteht ein systematischer Vorteil darin, daß automatisch neue Allokationsvorschläge auf Basis der Nettobedarfe des gesamten Distributionssystems erzeugt werden. Durch spontane Nachfrageänderungen auftretende Konkurrenzsituationen zwischen den Außenlägern können so in für das Gesamtsystem optimaler Weise gelöst werden.

Ist der Anschluß an MRP-Systeme der Lieferanten möglich¹, gehen Änderungen der Bestellpläne unmittelbar in den Fertigungsplan für Endprodukte ein. Das DRP-System zeigt sich hier in besonderer Weise geeignet, die Qualität der Disposition durch Anbindung an die Fertigungsplanung der Lieferanten zu verbessern, da es dieselbe Planungslogik verwendet wie ein MRP-System.

zu (4):

Crabtree² weist darauf hin, daß die "fair shares"-Methode größere Anforderungen an das Verständnis der Disponenten stellt als das DRP-System. Gleichzeitig stellt er fest, daß nicht die anfängliche Verständnisschwierigkeit für die Beurteilung eines Verfahrens herangezogen werden sollte, sondern die Komplexität der tagtäglichen Handhabung. Auf letzterem Gebiet sind keine deutlichen Unterschiede zwischen beiden Dispositionssystemen ersichtlich.

¹ Vgl. Abschnitt 4.2.2.4 dieser Arbeit.

² Vgl. Crabtree, D., Distribution Logistics - An Appraisal of Alternative Methods, a. a. O., S. 50 und S. 58.

Faßt man die Beurteilungskriterien zusammen, so ist tendentiell die Methode der "fair shares" vorzuziehen, wenn häufig Bestandsknappheiten auftreten, d. h. wenn Lieferanten unzuverlässig liefern und keine oder unzureichende Ausweichmöglichkeiten bestehen. Umgekehrt weist ein DRP-System Anwendungsvorteile auf, wenn die Verlängerung des Dispositionssystems zu den Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen der Lieferanten beabsichtigt ist. Liegen keine deutlichen Indizien für die Dominanz eines Verfahrens vor, müssen die Umstände des Einzelfalles entscheiden. Denkbar sind auch Kombinationsstrategien, z. B. ein DRP-System, das für Artikel mit sich abzeichnenden Versorgungsschwierigkeiten um einen zentral gesteuerten Allokationsmechanismus erweitert wird. Als Hilfsmittel zur methodischen Auswahl bietet sich dann die Simulationstechnik an.

4.3.2 Simulation als Hilfsmittel der Entscheidungsfindung

4.3.2.1 Simulationstechnik

Unter Simulation versteht man die "Durchführung von Experimenten mit Modellen dynamischer Systeme"¹. Die Simulationstechnik kommt insbesondere dann zum Einsatz, wenn für ein Optimierungsproblem keine analytischen Lösungsmethoden verfügbar sind. Das Grundprinzip der Simulation besteht darin, das zu erforschende System in Form eines Modells abzubilden und anschließend über den Weg von Modellexperimenten Aufschlüsse über das Untersuchungsobjekt zu ge-

¹ Vgl. Krüger, S., Simulation - Grundlagen, Techniken, Anwendungen, Berlin 1975, S. 24.

winnen. Dabei kann in folgender Weise vorgegangen werden:¹

- Phase I: exakte Formulierung des Problems und Entscheidung, ob die Simulation zum Einsatz kommen soll.
- Phase II: Simulationsvoraussetzungen schaffen. Es müssen Fachleute, die über ausreichende Simulationskenntnisse verfügen, mit der Durchführung der Simulation beauftragt werden. Weiterhin ist geeignete Hard- und Software bereitzustellen sowie ein Konzept für die Datenbereitstellung zu erarbeiten.
- Phase III: Daten sammeln und Formulierung des Simulationsmodells; Erstellung der Computerprogramme.
- Phase IV: Validierung des Simulationsmodells über z. B. retrospektive Simulation (Nachsimulation von Vergangenheitsperioden mit bekannten Daten) oder Vergleich mit analytischen Lösungen für vereinfachte Modellstrukturen.
- Phase V: Durchführung und Auswertung der Simulationsläufe.

Man unterscheidet zwischen analoger und digitaler, diskreter und kontinuierlicher sowie deterministischer und stochastischer Simulation.² Nachfolgend

¹ Vgl. Krüger, S., Simulation - Grundlagen, Techniken, Anwendungen, a. a. O., S. 42 ff.

² Vgl. ebd., S. 24 ff.

sei unter dem Begriff "Simulation" immer eine digitale, diskrete, stochastische Simulation verstanden.

4.3.2.2 Simulation von mehrstufigen Distributionssystemen

Speziell bei der Auswahl von Verfahren für die Bestandsdisposition in mehrstufigen Distributionssystemen kann auf die Simulationstechnik nicht verzichtet werden. "It will become clear (...) that analytical decision rules for multi-echelon systems involving probabilistic demand are out of the question, at least for the present. Therefore, simulation models have and will continue to be used to develop control guidelines for such situations."¹

Zur Demonstration der Simulationstechnik werden anschließend für ein ausgewähltes mehrstufiges Distributionssystem ein klassisches und ein modernes Dispositionsverfahren simuliert und anhand der entscheidungsabhängigen Kosten bewertet.

4.3.3 Beschreibung eines ausgewählten mehrstufigen Distributionssystems

4.3.3.1 Struktur des Distributionssystems

Das innerhalb der Bundesrepublik Deutschland gelegene Distributionssystem eines Großhändlers bestehe aus einem Zentrallager (ZL) und vier gleich großen Außenlagern (AL). Die in der Praxis unrealistische

¹ Vgl. Peterson, R./ Silver, E. A., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., S. 370.

Annahme von gleich großen Außenlagern wird unterstellt, damit die wissenschaftliche Analyse nicht durch Ergebnisverunreinigungen beeinträchtigt wird, die auf unterschiedliche Lagergrößen zurückzuführen sind. Jeder Kunde ist genau einem Außenlager fest zugeordnet. Die Außenlager werden ausschließlich über das Zentrallager mit Beständen versorgt. Direktlieferungen der Lieferanten an die Außenlager seien nicht erlaubt. Das Zentrallager liefert nur an die Außenlager, es besitzt kein eigenes Direktliefergebiet. Als Quelle für die Bestandsversorgung des gesamten Distributionssystems sei ein einziger Lieferant angenommen. Alle Lieferzeiten seien deterministisch. Auch diese Unterstellungen dienen der exakteren wissenschaftlichen Analyse. Für praktische Anwendungsfälle können alle vereinfachenden Annahmen aufgehoben werden.

Die Lieferzeit vom Zentrallager zu den Außenlagern beträgt jeweils zwei ZE. Das Zentrallager selbst beobachtet eine nach Artikelklassen differierende Wiederbeschaffungszeit vom Lieferanten. Sie kann der Tabelle 4.9 entnommen werden.

Artikelklasse	Lieferzeit Lieferant-ZL in ZE
1	1
2	2
3	5

Tab. 4.9: Wiederbeschaffungszeiten des Zentrallagers bei den Lieferanten

Das Sortiment des Großhändlers teile sich in drei Artikelklassen auf. Die Nachfrage nach den einzelnen Artikeln ist stochastisch. Sie gehorche Normalver-

teilungen mit den Parametern MY (Mittelwert) und SIGMA (Standardabweichung). Alle Artikel einer Artikelklasse weisen eine gleichartige Nachfrageverteilung auf. Für jedes Außenlager gelte die in Tabelle 4.10 beschriebene Nachfragestruktur.

Artikel- klasse	Anzahl Artikel pro Artikelklasse	MY(ME/ZE) pro Artikel	SIGMA(ME/ZE) pro Artikel
1	2	160	40
2	3	20	5
3	5	4	1

Tab. 4.10: Nachfragestruktur für jedes Außenlager

4.3.3.2 Kostenarten und Serviceanforderungen

Aus marktpolitischen Gründen werde für alle Artikelklassen eine einheitliche Lieferbereitschaft LAMBDA von 99 % gefordert. Die Lieferbereitschaft wird gemessen als der Anteil der Kundennachfrage, der direkt ab Außenlager befriedigt werden kann.

Von der Entscheidung über ein Dispositionsverfahren werden außer den Kosten des erforderlichen Informationssystems die Bestands-, Kommissionier- und Handling-, Bestell-, Fehlmengen- und Transportkosten beeinflusst.

(1) Bestandskosten

Es sei angenommen, daß alle Lagerhauskosten proportional seien zu der Höhe der Bestände (z. B. Anmietung von Lagerraum zu linearen Kostensätzen). Unter

dieser Voraussetzung können die Kapitalbindungs- und Lagerhauskosten zusammengefaßt werden. Es gelte:

Lagerkostensatz ALPHA = 0.00064 GE pro GE Bestandswert und ZE.

Der Lagerkostensatz ALPHA gelte einheitlich für Zentrallager- und Außenlagerbestände.

Der Einstandspreis C sei für alle Artikel identisch. Er betrage 50 GE pro ME.

(2) Kommissionier- und Handlingkosten

Die Kommissionier- und Handlingkosten auf der Außenlagerebene sind entscheidungsunabhängig, da sie durch das Bestellverhalten der Kunden verursacht werden. Es wird unterstellt, daß bei Lieferungen des Zentrallagers an die Außenlager in jedem Fall ein Einlagerungsvorgang im Außenlager erforderlich ist.

Auf der Zentrallagerebene sind die Kommissionier- und Handlingkosten entscheidungsabhängig, wenn sich durch zeitgerechte Disposition der Lieferungen Ein- und Auslagerungsvorgänge vermeiden lassen. Bei einem kompletten Ein- und Auslagerungsvorgang entstehen Kommissionier- und Handlingkosten von 50 GE pro 1.000 ME, bei einem reinen Umschlagsvorgang (ohne Einlagerung) von 20 GE pro 1.000 ME. Der Kommissionier- und Handlingmehrkostensatz beträgt demnach

KHMEHR = 30 GE pro tausend eingelagerte ME.

(3) Bestellkosten

Zu Planungszwecken wird unterstellt, daß die gesamten Bestellkapazitäten variabel sind. Es gelte sowohl für Bestellungen der Außenlager beim Zentrallager als auch für Bestellungen des Zentrallagers beim Lieferanten ein globaler Bestellkostensatz

$S = 10$ GE pro Bestellung.

Als Bestellung wird dabei jede einzelne Artikelbestellung gerechnet.

(4) Fehlmengenkosten

Die Fehlmengenkosten seien proportional zum Wert der Fehlmenge und zur Fehlzeit. Da alle Sicherheitsbestände auf Basis einer vorgegebenen Lieferbereitschaft LAMBDA disponiert werden, läßt sich ein Fehlmengenkostensatz¹

$$\begin{aligned} CF &= \text{LAMBDA} * \text{ALPHA} / (1 - \text{LAMBDA}) \\ &= 0.06336 \text{ GE pro GE Fehlmenge und ZE Fehlzeit} \end{aligned}$$

errechnen.

Fehlmengenkosten fallen nur auf der Außenlagerebene an.

(5) Transportkosten

Alle Lieferungen im gesamten Distributionssystem werden mit Spediteuren oder (bei Kleinsendungen) mit

¹ Vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., S. 264 f.

UPS oder der Bundespost ausgeführt. Der Großhändler trage alle Transportkosten für die Primär-, Sekundär- und Tertiärtransporte selbst. Die Tertiärtransporte (Kundenbelieferung) sind allerdings entscheidungsunabhängig, da sie von außen determiniert sind. Im folgenden werden daher nur die Primär- und Sekundärtransporte betrachtet.

Alle Frachten werden nach dem Reichskraftwagentarif (RKT)¹, den UPS-Beförderungssätzen oder den Post-Paketgebühren abgerechnet. Die Gewichtsgrenze, ab der eine Sendung im RKT abgerechnet wird, liegt bei 20 kg. Das Gewicht einer ME betrage für alle Artikel einheitlich ein Kilogramm. Alle Artikel fallen unter die Güterklasse A/B des RKT.

Die Spediteure gewähren auf die Frachten im RKT-Stückgut- und Ladungstarif Margen in Höhe von jeweils 8,5 %. Das maximale Ladegewicht eines LKW liegt bei 10 Tonnen. Überschreitet eine Sendung diese Gewichtsgrenze, wird das Restgewicht wie eine neue Sendung abgerechnet. Für die Hauszustellung der Sendungen fällt bis zu einem Sendungsgewicht von drei Tonnen Hausfracht nach der BSL-Kundensatz-tabelle², Ortsklasse D, an.

¹ Zu den Frachtberechnungsvorschriften vgl. RKT, a. a. O.

² Vgl. Bedingungen und Entgelte für den Spediteur-Sammelgutverkehr, hrsg. vom Verlag Heinrich Vogel, München 1988, S. 19.

4.3.4 Simulation eines klassischen Verfahrens der Bestandsdisposition

4.3.4.1 Beschreibung des Dispositionsverfahrens

Bevor das simulierte klassische Verfahren der Bestandsdisposition erläutert wird, muß zunächst das Konzept der "Lagereinheit" (SKU = stock-keeping unit) eingeführt werden. Unter einer SKU ist ein Lagerartikel in einem bestimmten Auslieferungslager zu verstehen. Der Artikel 1 im AL 1 und der Artikel 1 im AL 2 sind somit zwei verschiedene Lagereinheiten, obwohl es sich jeweils um denselben Artikel handelt. Diese Unterscheidung wird notwendig, da jedes Außenlager jede SKU autonom disponiert und bei Bestandsengpässen nicht auf Bestände in anderen Außenlagern zurückgegriffen werden kann.

Die Bestandsdisposition im gesamten Distributionssystem läßt sich in die Außenlager- und die Zentrallagersteuerung einteilen:

(1) Außenlagersteuerung

Die Bestellauslösung für jede SKU erfolgt über ein Bestellsystem. Der Bestellpunkt berücksichtigt den Erwartungswert der Nachfrage während der Wiederbeschaffungszeit vom Zentrallager und den Sicherheitsbestand. Der Erwartungswert für die Lieferzeitnachfrage wird aus der aktuellen Nachfrageprognose berechnet, der Sicherheitsbestand aus dem vorgegebenen Lieferbereitschaftsgrad und dem Standardprognosefehler der Lieferzeitnachfrage. Nachfrageprognose und Prognosefehler werden in jeder ZE mit dem Verfahren der exponentiellen Glättung erster Ordnung aktualisiert. Erreicht oder unterschreitet der dis-

ponible Bestand den Bestellpunkt, wird für diese SKU eine Bestellung beim Zentrallager ausgelöst. Die artikelspezifischen Bestellmengen sind fix, sie werden aus dem Erwartungswert für die Nachfrage pro ZE, den Kostenparametern ALPHA und S sowie dem Einstandspreis C berechnet (Andler-Modell).

Bei Fehlmengen werden Auftragsrückstände gebildet, die später wieder aufgelöst werden. Teillieferungen an die Kunden sind zulässig.

Tabelle 4.11 stellt die Außenlagersteuerung für den vereinfachten Fall dar, daß keine Fehlmengen auftreten. Gezeigt wird die Entwicklung der Nachfrage, der Nachfrageprognose, des physischen und des disponiblen Bestandes für einen Artikel der zweiten Artikelklasse in einem Außenlager. Die fixe Bestellmenge für diese SKU beträgt 112 ME, die Lieferzeit vom Zentrallager 2 ZE. Die Nachfrage für die SKU ist normalverteilt mit einem Mittelwert von 20 ME pro ZE und einer Standardabweichung von 5 ME pro ZE. Es werde eine Lieferbereitschaft von 99,5 % gefordert. Der Glättungsparameter für die Nachfrageprognose sei 0,2, derjenige für die Fortschreibung des Standardprognosefehlers 0,3.

(2) Zentrallagersteuerung

Es sei angenommen, daß Teillieferungen einer SKU-Bestellung an die Außenläger nicht zulässig sind. Die Untersuchung soll beim Auftreten von Fehlmengen im Zentrallager nicht durch Regeln zur Allokation des verbleibenden Zentrallagerbestandes beeinflußt werden.

Zeit	TStart	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10
aktuelle Nachfrage	-	24	25	18	16	21	27	19	20	15	18
Prognose der Nachfrage pro ZE	20.0	20.8	21.6	20.9	19.9	20.1	21.5	21.0	20.8	19.6	19.3
Standardprognosefehler für die Nachfrage pro ZE	0.0	2.2	2.9	3.1	3.7	3.2	4.6	4.1	3.5	4.3	3.7
Standardprognosefehler für die Lieferzeitnachfrage	0.0	3.1	4.2	4.4	5.2	4.5	6.5	5.8	4.9	6.1	5.2
aktueller Sicherheitsbestand	0.0	1.7	3.1	3.4	4.5	3.5	6.4	5.3	4.1	5.8	4.5
Bestellpunkt	40	43	46	45	44	44	49	47	46	45	43
physischer Anfangsbestand	-	100	76	51	33	17	108	81	62	42	27
disponibler Anfangsbestand	-	100	76	51	145	129	108	81	62	154	139
geplanter Bestelleingang	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	112
physischer Endbestand	100	76	51	33	17	108	81	62	42	27	121
disponibler Endbestand	100	76	51	145	129	108	81	62	154	139	121

Tab. 4.11: Vereinfachtes Beispiel für die Bestandsdisposition der Läger im klassischen Modell

Der Zentrallagerbestand werde über ein Bestellpunktverfahren mit variabler Bestellmenge disponiert. Der Lagerbestand hat damit den in Abbildung 4.1 beschriebenen Verlauf. Das Bestellpunktverfahren mit variabler Bestellmenge empfiehlt sich deshalb für die beschriebene Distributionsstruktur, da oft mehrere Bestellungen der Außenlager zeitlich zusammenreffen können. Der Bestellpunkt würde in diesem Fall deutlich unterschritten. Das Bestellsystem muß auf diese Situation mit einer entsprechend großen Bestellung beim Lieferanten reagieren. Weil nur ganze Bestellungen an die Außenlager ausgeliefert werden und die Bestellmengen fix sind, ist es nicht sinnvoll, andere Bestände als ganzzahlige Vielfache der jeweiligen Bestellmengen im Zentrallager bereitzuhalten. Die Sicherheitsbestandshaltung erfolge wegen der deterministischen Lieferzeiten rein dezentral.

Bestellpunkt und maximaler Sollbestand wurden für jede Artikelklasse parametrisiert und so ausgewählt, daß bei insgesamt minimalen Kosten die Lieferbereitschaftsvorgaben gerade noch erfüllt werden.¹

4.3.4.2 Index-, Parameter- und Variablendefinitionen

Zur Formulierung des Simulationsmodells ist es erforderlich, zunächst einige Index-, Parameter- und Variablendefinitionen vorzunehmen.

(1) Indexdefinitionen

i Index der Artikelklassen;
i = 1,...,ANZKLA

¹ Vgl. Abschnitt 4.3.4.6.

ANZKLA	Anzahl der Artikelklassen
j	Index der Außenläger; $j = 1, \dots, \text{ANZAL}$
ANZAL	Anzahl der Außenläger
k	Index der Artikel für Artikelklasse i und Außenlager j; $k = 1, \dots, \text{ANZART}_{i,j}$
$\text{ANZART}_{i,j}$	Anzahl der Artikel für Artikelklasse i und Außenlager j
MAXART	maximale Anzahl von Artikeln in ei- ner Artikelklasse; $\text{MAXART} = \text{Max}_{i,j} (\text{ANZART}_{i,j})$
t	Periodenindex für die Vorausplanung der Bestellungen und der eingeplan- ten Lieferungen; $t = 1, \dots, \text{TMAX}$
TMAX	Zeithorizont für Vorausplanungen; es gelte: $\text{TMAX} \geq \text{Max}_j (\text{LZAL}_j) + \text{Max}_i (\text{LZZL}_i)$
takt	Index für aktuelle Simulationszeit; $\text{takt} = 1, \dots, \text{TEND}$
TEND	Simulationsende
TSTART	letzte Periode der Simulationsan- laufphase; $\text{takt} = 1, \dots, \text{TSTART}$: Simulationsanlaufphase $\text{takt} = \text{TSTART}+1, \dots, \text{TEND}$: Simulationsphase

(2) Parameterdefinitionen

ALPHA	Lagerkostensatz (GE pro GE Bestands- wert und ZE)
-------	--

ALPHAF	Glättungsparameter für Prognosefehlerglättung
ALPHAP	Glättungsparameter für Nachfrageprognosen
C	Einstandspreis (GE pro ME)
CF_i	Fehlmengenkostensatz in Artikelklasse i (GE pro GE Fehlmenge und ZE Fehlzeit)
ROLL	Gewichtsgrenze einer Sendung, bis zu der Rollgeld gezahlt werden muß (kg)
GRUPSP	Gewichtsgrenze zwischen UPS-Tarif und RKT (kg)
KHMEHR	Kostensatz für Kommissionier- und Handlingmehrkosten bei Einlagerung im ZL (GE pro 1.000 eingelagerte ME)
MARGES	Marge auf den RKT-Stückguttarif (%)
MARGEW	Marge auf den RKT-Wagenladungstarif (%)
MAXKAP	maximales Ladegewicht eines LKW (kg)
S	globaler Bestellkostensatz (GE pro Artikelbestellung)

(3) Variablendefinitionen

$B_{k,i,j,takt}$	aktueller Bestellpunkt für Artikel k der Artikelklasse i in AL j zum Zeitpunkt takt (ME)
$BACK_{k,i,j,takt}$	aktueller Auftragsrückstand für Artikel k der Artikelklasse i in AL j zum Zeitpunkt takt (ME)

BACKZ _{k,i,j,takt}	aktueller Lieferrückstand des ZL bei Artikel k der Artikelklasse i gegenüber AL j zum Zeitpunkt takt (ME)
BEDA _{k,i,j,takt}	Nachfrage nach Artikel k der Artikelklasse i in AL j zum Zeitpunkt takt (ME)
BEST _{k,i,j,takt}	physischer Lagerbestand für Artikel k der Artikelklasse i in AL j am Ende der Periode takt (ME)
BESTD _{k,i,j,takt}	disponibler Lagerbestand für Artikel k der Artikelklasse i in AL j am Ende der Periode takt (ME)
BESTS _{k,i}	Bestellpunkt für Artikel k der Artikelklasse i im ZL (ME)
BESTZ _{k,i,takt}	physischer Lagerbestand für Artikel k der Artikelklasse i im ZL am Ende der Periode takt (ME)
BESTZD _{k,i,takt}	disponibler Lagerbestand für Artikel k der Artikelklasse i im ZL am Ende der Periode takt (ME)
DBACKK _{k,i,j}	mittlerer Auftragsrückstand während der Simulationsphase in AL j für Artikel k der Artikelklasse i (ME)
DBESTK _{k,i,j}	mittlerer Bestand während der Simulationsphase für Artikel k der Artikelklasse i in AL j (ME)
DBESTZK _{k,i}	mittlerer Bestand während der Simulationsphase im ZL für Artikel k der Artikelklasse i (ME)

$DEINL_{k,i}$	mittlere Einlagerungsmenge pro ZE der Simulationsphase im ZL für Artikel k der Artikelklasse i (ME pro ZE)
$DNORAL_{k,i,j}$	mittlere Anzahl der Bestellungen pro ZE der Simulationsphase im AL j für Artikel k der Artikelklasse i (Bestellungen pro ZE)
$DNORZL_{k,i}$	mittlere Anzahl der Bestellungen pro ZE der Simulationsphase im ZL j für Artikel k der Artikelklasse i (Bestellungen pro ZE)
$EINL_{k,i,takt}$	Einlagerungsmenge des ZL von Artikel k der Artikelklasse i zum Zeitpunkt takt (ME)
$ENTF_j$	Tarifentfernung zwischen dem ZL und AL j (km)
$ENTF_{ANZAL+1}$	Tarifentfernung zwischen dem ZL und dem Lieferanten (km)
$FEHL_{k,i,j,takt}$	Fehlmenge für Artikel k der Artikelklasse i im AL j in der Periode takt (ME)
$FEHLZ_{k,i,takt}$	Fehlmenge für Artikel k der Artikelklasse i im ZL in der Periode takt (ME)
$FRACT_{j,takt}$	Transportkosten einer Sendung vom ZL an AL j, die zum Zeitpunkt takt bei AL j eintrifft (GE)
$FRACT_{ANZAL+1,takt}$	Transportkosten einer Sendung vom Lieferanten an das ZL, die zum Zeitpunkt takt beim ZL eintrifft (GE)

GBESTK	mittlere gesamte Bestands- und Lagerhauskosten für eine Abrechnungsperiode ¹ (GE pro AP)
GEINLK	mittlere gesamte Kommissionier- und Handlingmehrkosten im ZL für eine Abrechnungsperiode (GE pro AP)
GEW _{j,takt}	Gewicht einer Sendung vom ZL an AL j, die zum Zeitpunkt takt bei AL j eintrifft (kg)
GEW _{ANZAL+1,takt}	Gewicht einer Sendung vom Lieferanten an das ZL, die zum Zeitpunkt takt beim ZL eintrifft (kg)
GFEHLK	mittlere gesamte Fehlmengenkosten für eine Abrechnungsperiode (GE pro AP)
GORDK	mittlere gesamte Bestellkosten für eine Abrechnungsperiode (GE pro AP)
GTRANSK	mittlere gesamte Transportkosten (ohne Kundenauslieferung) für eine Abrechnungsperiode (GE pro AP)
KBACKK _{k,i,j}	mittlere Fehlmengenkosten in einer Abrechnungsperiode für Artikel k der Artikelklasse i im AL j (GE pro AP)
KBESTK _{k,i,j}	mittlere Bestands- und Lagerhauskosten in einer Abrechnungsperiode für Artikel k der Artikelklasse i im AL j (GE pro AP)

¹ Für den Begriff "Abrechnungsperiode" (z. B. ein Jahr) wird nachfolgend die Abkürzung "AP" verwendet.

$KBESTZK_{k,i}$	mittlere Bestands- und Lagerhauskosten in einer Abrechnungsperiode für Artikel k der Artikelklasse i im ZL (GE pro AP)
$KEINL_{k,i}$	mittlere Kommissionier- und Handlingmehrkosten im ZL in einer Abrechnungsperiode für Artikel k der Artikelklasse i (GE pro AP)
$KFRA_j$	mittlere Transportkosten in einer Abrechnungsperiode vom ZL zum AL j (GE pro AP)
$KFRA_{ANZAL+1}$	mittlere Transportkosten in einer Abrechnungsperiode vom Lieferanten zum ZL (GE pro AP)
KGES	mittlere Gesamtkosten pro Abrechnungsperiode (GE pro AP)
$KNORAL_{k,i,j}$	mittlere Bestellkosten in einer Abrechnungsperiode in AL j für Artikel k der Artikelklasse i (GE pro AP)
$KNORZL_{k,i}$	mittlere Bestellkosten in einer Abrechnungsperiode im ZL für Artikel k der Artikelklasse i (GE pro AP)
$LAMBDA_i$	vorgegebene Lieferbereitschaft für die Artikelklasse i (langfristiger Prozentanteil der direkt ab AL befriedigten Kundennachfragen pro Lagerzyklus)
$LAMBDAI_i$	erreichte Lieferbereitschaft für die Artikelklasse i
$LZAL_j$	Lieferzeit für Bestellungen des AL j beim ZL (ZE)
$LZZL_i$	Lieferzeit für Bestellungen des ZL beim Lieferanten in der Artikelklasse i (ZE)

$MSB_{k,i}$	maximaler Sollbestand für Artikel k der Artikelklasse i im ZL (ME)
$MY_{i,j}$	Erwartungswert der Nachfrage für einen Artikel der Artikelklasse i im AL j (ME)
$ORDER_{k,i,j,takt,l}$	zum Zeitpunkt takt im AL j eintreffende Lieferungen des ZL über Artikel k der Artikelklasse i (ME)
$ORDER_{k,i,j,takt,t}$	disponierte Lieferungen des ZL an AL j über Artikel k der Artikelklasse i mit einer Restlieferzeit von t-1 ZE zum Zeitpunkt takt (ME)
$ORDERZ_{k,i,takt,l}$	zum Zeitpunkt takt im ZL eintreffende Lieferungen des Lieferanten über Artikel k der Artikelklasse i (ME)
$ORDERZ_{k,i,takt,t}$	disponierte Lieferungen des Lieferanten an das ZL über Artikel k der Artikelklasse i mit einer Restlieferzeit von t-1 ZE zum Zeitpunkt takt (ME)
$PF_{k,i,j,takt}$	Prognosefehler der Nachfrageprognose über eine ZE für Artikel k der Artikelklasse i im AL j zum Zeitpunkt takt (ME)
$PTAG_{k,i,j,takt}$	konstanter Prognosewert der Nachfrage nach Artikel k der Artikelklasse i im AL j zum Zeitpunkt takt für die Perioden takt+1,...,takt+TMAX-1 (ME pro ZE)
$Q_{i,j}$	fixe Bestellmenge für jeden Artikel der Artikelklasse i in AL j (ME)
$SF_{k,i,j,takt}$	Servicefaktor für Artikel k der Artikelklasse i im AL j zum Zeitpunkt takt

$SICH_{k,i,j,takt}$ aktueller Sicherheitsbestand für Artikel k der Artikelklasse i in AL j zum Zeitpunkt takt (ME)

$SIGLZB_{k,i,j,takt}$ aktueller Standardprognosefehler der Nachfrageprognose über die Wiederbeschaffungszeit für Artikel k der Artikelklasse i in AL j zum Zeitpunkt takt (ME)

$SIGMA_{i,j}$ Standardabweichung der Nachfrageverteilung für einen Artikel der Artikelklasse i im AL j (ME pro ZE)

$SIGTAG_{k,i,j,takt}$ aktueller Standardprognosefehler der Nachfrageprognose über eine ZE für Artikel k der Artikelklasse i in AL j zum Zeitpunkt takt (ME)

$SIMZEIT$ Länge der Simulationsphase (ZE)

$SORDER_{k,i,j,takt}$ Bestellschalter Außenlager

$$= \begin{cases} 1, & \text{falls eine Bestellung über Artikel k der Artikelklasse i in AL j zum Zeitpunkt takt ausgelöst wurde} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$SORDERZ_{k,i,takt}$ Bestellschalter Zentrallager

$$= \begin{cases} 1, & \text{falls eine Bestellung über Artikel k der Artikelklasse i beim Lieferanten zum Zeitpunkt takt ausgelöst wurde} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

4.3.4.3 Entwurf eines Simulationsmodells

Das Simulationsmodell¹ gliedert sich auf in die Teilmodelle "Nachfrage-Generierung", "Prognose- und Prognosefehlerfortschreibung", "Bestellpunktberechnung", "Außenlagerdisposition", "Zentrallagerdisposition" und "Kosten- und Lieferbereitschaftsberechnung".

(1) Teilmodell "Nachfrage-Generierung"

RANDOM sei eine standardnormalverteilte Zufallsvariable. Eine Realisation der normalverteilten Nachfrage einer SKU kann dann bestimmt werden durch:

$$\text{BEDA}_{k,i,j,\text{takt}} = \text{RANDOM} * \text{SIGMA}_{i,j} + \text{MY}_{i,j},$$

für alle k, i, j und takt.

(2) Teilmodell "Prognose- und Prognosefehlerfortschreibung"

Der neue Wert der Nachfrageprognose wird mit dem Verfahren der exponentiellen Glättung erster Ordnung aus dem Prognosewert der Vorperiode und dem aktuellen Nachfragewert berechnet:

$$\text{PTAG}_{k,i,j,\text{takt}} = (1-\text{ALPHAP}) * \text{PTAG}_{k,i,j,\text{takt}-1} +$$
$$+ \text{ALPHAP} * \text{BEDA}_{k,i,j,\text{takt}},$$

für alle k, i, j und takt.

¹ Algebraische Terme, in denen Modellvariable vorkommen, werden in der Form dargestellt, wie sie für die Programmiersprache FORTRAN üblich ist.

Der Prognosefehler ergibt sich aus:

$$PF_{k,i,j,takt} = BEDA_{k,i,j,takt} - PTAG_{k,i,j,takt-1},$$

für alle k, i, j und takt.

Auch der Standardprognosefehler wird nach Brown¹ mit dem Verfahren der exponentiellen Glättung erster Ordnung fortgeschrieben:

$$SIGTAG_{k,i,j,takt} = [(1-ALPHAF) * SIGTAG_{k,i,j,takt-1}^2 + ALPHAF * PF_{k,i,j,takt}^2]^{0.5},$$

für alle k, i, j und takt.

Als Startwerte für das Prognosesystem werden

$$PTAG_{k,i,j,0} = MY_{i,j} \quad \text{und}$$
$$SIGTAG_{k,i,j,0} = 0 \quad \text{für alle k, i und j}$$

verwendet.

(3) Teilmodell "Bestellpunktberechnung"

Der Bestellpunkt ergibt sich aus dem aktuellen Prognosewert für die Nachfrage während der Lieferzeit und dem Sicherheitsbestand:²

¹ Vgl. Brown, R. G., Materials Management Systems, a. a. O., S. 151 f.

² Zu den Formeln des Teilmodells "Bestellpunktberechnung" vgl. Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, a. a. O., S. 284.

$$B_{k,i,j,takt} = LZAL_j * PTAG_{k,i,j,takt} + SICH_{k,i,j,takt},$$

für alle k, i, j und takt.

Der Sicherheitsbestand kann aus einem Servicefaktor und dem Standardprognosefehler der Lieferzeitnachfrage berechnet werden:

$$SICH_{k,i,j,takt} = SF_{k,i,j,takt} * SIGLZB_{k,i,j,takt},$$

wobei

$$SIGLZB_{k,i,j,takt} = LZAL_j^{0.5} * SIGTAG_{k,i,j,takt}$$

◊

und

$$SF_{k,i,j,takt} = \psi^{-1}(x) \quad \text{mit}$$

$$x = Q_{i,j} * (1 - LAMBDA_i) / SIGLZB_{k,i,j,takt},$$

für alle k, i, j und takt.

Mit $\psi^{-1}(x)$ sei die Umkehrfunktion der Servicefunktion ψ an der Stelle x bezeichnet. Für ψ gilt:

$$\psi(x) = \phi(x) - x * \phi(-x),$$

wobei

$$\phi(x) = 1 / (2 * \pi)^{0.5} * e^{-x^2/2}$$

(Wahrscheinlichkeitsdichte der standardisierten Normalverteilung)

und

$$\phi(x) = 1 / (2 * \pi)^{0.5} * \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt$$

(Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung)¹.

Die Bestellmengen werden mit der Andler-Formel berechnet:

$$Q_{i,j} = (2 * MY_{i,j} * S / ALPHA * C)^{0.5}$$

für alle i und j.

(4) Teilmodell "Außenlagerdisposition"

Der physische Lagerendbestand der Betrachtungsperiode kann aus dem Lagerbestand der Vorperiode, den eintreffenden ZL-Lieferungen, den Auftragsrückständen am Ende der Vorperiode und der aktuellen Nachfrage ermittelt werden:

$$BEST_{k,i,j,takt} = \begin{cases} x, & \text{falls } x > 0 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{mit } x = & BEST_{k,i,j,takt-1} + ORDER_{k,i,j,takt,1} - BEDA_{k,i,j,takt} - \\ & - BACK_{k,i,j,takt-1} \\ & \text{für alle } k, i, j \text{ und takt.} \end{aligned}$$

¹ Zu den Formeln vgl. Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik - Lexikon der Stochastik, 2. Aufl., hrsg. v. Müller, P. H., Berlin 1975, S. 180; zur Berechnung des Wertes der Verteilungsfunktion der Standard-Normalverteilung an der Stelle x wurde eine Näherungsformel verwendet, vgl. hierzu Formel 26.2.17 in: Abramowitz, M./ Stegun, I. A. (Ed.), Handbook of Mathematical Functions, New York, o. J., S. 932 und Anhang A, S. 255.

Die Fehlmenge der Betrachtungsperiode ergibt sich aus dem Anteil der Periodennachfrage, der von dem Endbestand der Vorperiode, vermindert um die Auftragsrückstände am Ende der Vorperiode und vermehrt um die ZL-Lieferungen der Betrachtungsperiode, nicht abgedeckt werden kann:

$$FEHL_{k,i,j,takt} = \begin{cases} x, & \text{falls } x > 0 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{mit } x = & BEDA_{k,i,j,takt} - \text{Max} [BEST_{k,i,j,takt-1} + \\ & + ORDER_{k,i,j,takt,l} - BACK_{k,i,j,takt-1} ; 0], \\ & \text{für alle } k, i, j \text{ und takt.} \end{aligned}$$

Der Auftragsrückstand am Ende der Betrachtungsperiode wird aus der um die Auftragsrückstände am Ende der Vorperiode vermehrten Periodennachfrage, dem Bestand am Ende der Vorperiode und den eintreffenden ZL-Lieferungen berechnet:

$$BACK_{k,i,j,takt} = \begin{cases} x, & \text{falls } x > 0 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{mit } x = & BEDA_{k,i,j,takt-1} + BACK_{k,i,j,takt-1} - BEST_{k,i,j,takt-1} - \\ & - ORDER_{k,i,j,takt,l}, \\ & \text{für alle } k, i, j \text{ und takt.} \end{aligned}$$

Der disponible Bestand am Ende der Periode ergibt sich aus dem disponiblen Bestand am Ende der Vorperiode, vermindert um die Periodennachfrage. Falls der Betrag dieser Differenz den Bestellpunkt erreicht oder unterschreitet, wird eine Bestellung ausgelöst und der disponible Bestand um die Bestellmenge erhöht:

$$\text{BESTD}_{k,i,j,\text{takt}} = \begin{cases} \text{BESTD}_{k,i,j,\text{takt}-1} - \text{BEDA}_{k,i,j,\text{takt}} & \text{falls } x > 0 \\ \text{BESTD}_{k,i,j,\text{takt}-1} - \text{BEDA}_{k,i,j,\text{takt}} + Q_{i,j} & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\text{mit } x = \text{BESTD}_{k,i,j,\text{takt}-1} - \text{BEDA}_{k,i,j,\text{takt}} - B_{k,i,j,\text{takt}}$$

für alle k, i, j und takt .

Im Falle einer Bestellung wird der Bestellschalter auf "1" gesetzt:

$$\text{SORDER}_{k,i,j,\text{takt}} = \begin{cases} 0, & \text{falls } x > 0 \\ 1, & \text{sonst} \end{cases}$$

für alle k, i, j und takt .

(5) Teilmodell "Zentrallagerdisposition"

Der physische Lagerbestand der Betrachtungsperiode errechnet sich aus dem Lagerendbestand der Vorperiode zuzüglich der in der Betrachtungsperiode eintreffenden Lieferantenlieferungen abzüglich der Lieferrückstände am Ende der Vorperiode und der aktuellen AL-Bestellungen:

$$\text{BESTZ}_{k,i,\text{takt}} = \begin{cases} x, & \text{falls } x > 0 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\text{mit } x = \text{BESTZ}_{k,i,\text{takt}-1} + \text{ORDERZ}_{k,i,\text{takt},1} -$$

$$\sum_{j=1}^{\text{ANZAL}} \text{SORDER}_{k,i,j,\text{takt}} * Q_{i,j} -$$

$$\sum_{j=1}^{\text{ANZAL}} \text{BACKZ}_{k,i,j,\text{takt}-1}$$

für alle k, i und takt .

Die Fehlmenge in der Betrachtungsperiode entspricht dem Anteil der Periodennachfrage, der aus dem fortgeschriebenen Lagerbestand nicht befriedigt werden kann:

$$FEHLZ_{k,i,takt} = \begin{cases} x, & \text{falls } x > 0 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{mit } x = & \sum_{j=1}^{ANZAL} SORDER_{k,i,j,takt} * Q_{i,j} - \\ & - \text{Max} [BESTZ_{k,i,takt-1} + ORDERZ_{k,i,takt,1} - \\ & - \sum_{j=1}^{ANZAL} BACKZ_{k,i,j,takt-1} ; 0], \\ & \text{für alle } k, i \text{ und takt.} \end{aligned}$$

Die Aktualisierung der Lieferrückstände und der eingeplanten Lieferungen erfolgt getrennt für jedes AL. In einem ersten Schritt wird versucht, die bestehenden Lieferrückstände pro AL aufzulösen, wobei der gesamte ZL-Bestand für diesen Artikel inkl. der in dieser Periode eintreffenden Lieferantenlieferungen sukzessiv um die Lieferrückstände gegenüber den einzelnen AL gekürzt wird. Reicht der gesamte ZL-Bestand nicht aus, um alle Lieferrückstände aufzulösen, bleiben diese ganz oder teilweise erhalten.

Im zweiten Schritt werden die Lieferrückstände um diejenigen aktuellen AL-Bestellungen erhöht, die aus dem verbleibenden ZL-Bestand nicht befriedigt werden können. Als Lieferungen an die AL werden die aufgelösten Lieferrückstände und die befriedigten aktuellen AL-Bestellungen eingeplant.

Zum besseren Verständnis werden die Berechnungsvorschriften zur Ermittlung der Lieferrückstände und

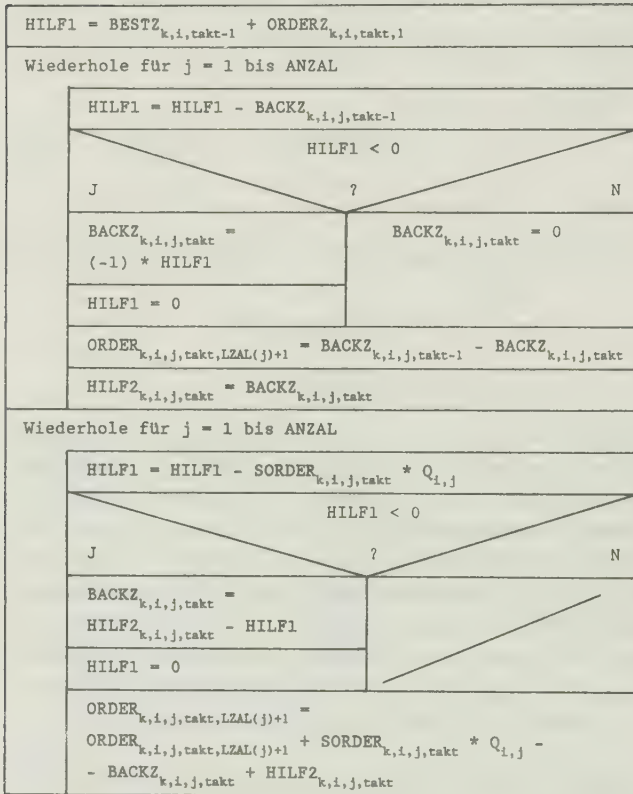


Abb. 4.12: Struktogramm-Darstellung der Berechnungsvorschriften zur Ermittlung der Lieferrückstände und der Lieferungen an die Außenläger

der Lieferungen an die AL in Abb. 4.12 als Struktogramm¹ in FORTRAN-Notation dargestellt. Der Rechenweg gilt für alle k, i und takt.

Um die Kommissionier- und Handlingkosten zu reduzieren, wird versucht, aktuelle AL-Bestellungen und Lieferrückstände vorrangig aus eintreffenden Lieferantenlieferungen und erst dann aus vorhandenem ZL-Bestand zu decken. Die aktuelle ZL-Einlagerungsmenge berechnet sich somit wie folgt:

$$\text{EINL}_{k,i,\text{takt}} = \begin{cases} x, & \text{falls } x > 0 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\text{mit } x = \text{ORDERZ}_{k,i,\text{takt},1} -$$

$$\begin{aligned} & \text{ANZAL} \\ & - \sum_{j=1} \text{SORDER}_{k,i,j,\text{takt}} * Q_{i,j} - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{ANZAL} \\ & - \sum_{j=1} \text{BACKZ}_{k,i,j,\text{takt}-1}, \end{aligned}$$

für alle k, i und takt.

Die Bestellauslösung gegenüber dem Lieferanten wird über ein Bestellpunktverfahren mit variabler Bestellmenge gesteuert. Unterschreitet oder erreicht der fortgeschriebene disponible ZL-Bestand den Bestellpunkt, wird eine Bestellung ausgelöst und der disponible Bestand auf den maximalen Sollbestand erhöht:

$$\text{BESTZD}_{k,i,\text{takt}} = \begin{cases} \text{BESTZD}_{k,i,\text{takt}-1} - \sum_{j=1}^{\text{ANZAL}} \text{SORDER}_{k,i,j,\text{takt}} * Q_{i,j}, \\ \text{falls } x > 0 \\ \text{MSB}_{k,i}, & \text{sonst} \end{cases}$$

¹ Vgl. Jordan, W./ Sahlmann, D./ Urban, H., Strukturierte Programmierung, 2. Aufl., Berlin 1984, S. 61 ff.

$$\text{mit } x = \text{BESTZD}_{k,i,\text{takt}-1} - \sum_{j=1}^{\text{ANZAL}} \text{SORDER}_{k,i,j,\text{takt}} * Q_{i,j} - \text{BESTS}_{k,i}, \text{ für alle } k, i \text{ und takt.}$$

Die Bestellmenge entspricht der Differenz zwischen dem maximalen Sollbestand und dem disponiblen Bestand zum Zeitpunkt der Bestellauslösung:

$$\text{ORDERZ}_{k,i,\text{takt},\text{LZZL}(i)+1} = \begin{cases} \text{MSB}_{k,i} - \text{BESTZD}_{k,i,\text{takt}-1} + \\ + \sum_{j=1}^{\text{ANZAL}} \text{SORDER}_{k,i,j,\text{takt}} * Q_{i,j}, \\ \text{falls } x > 0 \\ 0, \text{ sonst} \end{cases}$$

$$\text{mit } x = \text{BESTS}_{k,i} - \text{BESTZD}_{k,i,\text{takt}-1} + \sum_{j=1}^{\text{ANZAL}} \text{SORDER}_{k,i,j,\text{takt}} * Q_{i,j}, \text{ für alle } k, i \text{ und takt.}$$

Der Bestellschalter wird gesetzt, falls eine Bestellung ausgelöst wurde:

$$\text{SORDERZ}_{k,i,\text{takt}} = \begin{cases} 1, \text{ falls } \text{ORDERZ}_{k,i,\text{takt},\text{LZZL}(i)+1} > 0 \\ 0, \text{ sonst} \end{cases} \text{ für alle } k, i \text{ und takt.}$$

(6) Teilmodell "Kosten- und Lieferbereitschaftsbe- rechnung"

(6.1) Bestands- und Lagerhauskosten

Die durchschnittlichen Zentrallager- und Außenlagerbestände werden ermittelt, indem die kumulierten

Endbestände (pro ZE) durch die Anzahl der Simulationsperioden dividiert werden:

$$DBESTK_{k,i,j} = \frac{\sum_{\text{takt=TSTART}+1}^{\text{TEND}} BEST_{k,i,j,\text{takt}}}{\text{SIMZEIT}},$$

für alle k, i und j;

$$DBESTZK_{k,i} = \frac{\sum_{\text{takt=TSTART}+1}^{\text{TEND}} BESTZ_{k,i,\text{takt}}}{\text{SIMZEIT}},$$

für alle k und i

mit $\text{SIMZEIT} = \text{TEND} - \text{TSTART}$.

Die mittleren Bestands- und Lagerhauskosten pro Abrechnungsperiode (250 ZE) ergeben sich durch Bewertung der mittleren Bestände mit den jeweiligen Kostensätzen:

$$KBESTK_{k,i,j} = DBESTK_{k,i,j} * \text{ALPHA} * C * 250,$$

für alle k, i und j;

$$KBESTZK_{k,i} = DBESTZK_{k,i} * \text{ALPHA} * C * 250,$$

für alle k und i.

Für die mittleren gesamten Bestands- und Lagerhauskosten pro Abrechnungsperiode folgt:

$$GBESTK = \sum_{i=1}^{\text{ANZKLA}} \sum_{j=1}^{\text{ANZAL}} \sum_{k=1}^{\text{ANZART}_{i,j}} KBESTK_{k,i,j} +$$

$$+ \sum_{i=1}^{\text{ANZKLA}} \sum_{k=1}^{\text{ANZART}_{i,1}} KBESTZK_{k,i}.$$

(6.2) Bestellkosten

In analoger Weise zu (6.1) können die mittlere Anzahl der Bestellungen pro ZE und die mittleren Bestellkosten pro Abrechnungsperiode ermittelt werden:

$$DNORAL_{k,i,j} = \frac{\sum_{\text{takt}=TSTART+1}^{TEND} SORDER_{k,i,j,\text{takt}}}{\text{SIMZEIT}},$$

für alle k, i und j;

$$DNORZL_{k,i} = \frac{\sum_{\text{takt}=TSTART+1}^{TEND} SORDERZ_{k,i,\text{takt}}}{\text{SIMZEIT}},$$

für alle k und i;

$$KNORAL_{k,i,j} = DNORAL_{k,i,j} * S * 250, \text{ für alle k, i und j;}$$

$$KNORZL_{k,i} = DNORZL_{k,i} * S * 250, \text{ für alle k und i;}$$

$$\begin{aligned} GORDK = & \sum_{i=1}^{ANZKLA} \sum_{j=1}^{ANZAL} \sum_{k=1}^{ANZART_{i,j}} KNORAL_{k,i,j} + \\ & + \sum_{i=1}^{ANZKLA} \sum_{k=1}^{ANZART_{i,1}} KNORZL_{k,i}. \end{aligned}$$

(6.3) Fehlmengekosten

Auch die mittlere Fehlmenge pro ZE und die Fehlmengekosten können nun berechnet werden:

$$DBACKK_{k,i,j} = \frac{\sum_{\text{takt}=TSTART+1}^{TEND} BACK_{k,i,j,\text{takt}}}{\text{SIMZEIT}},$$

für alle k, i und j;

$$KBACKK_{k,i,j} = DBACKK_{k,i,j} * C * CF_i * 250$$

$$\text{mit } CF_i = LAMBDA_i * ALPHA / (1 - LAMBDA_i),$$

für alle k, i und j;

$$GFEHLK = \sum_{i=1}^{ANZKLA} \sum_{j=1}^{ANZAL} \sum_{k=1}^{ANZART_{i,j}} KBACKK_{k,i,j}.$$

(6.4) Kommissionier- und Handlingmehrkosten

Die Kommissionier- und Handlingmehrkosten im Zentrallager resultieren aus der mittleren Einlagerungsmenge pro ZE:

$$DEINL_{k,i} = \frac{\sum_{\text{takt}=\text{TSTART}+1}^{\text{TEND}} EINL_{k,i,\text{takt}}}{\text{SIMZEIT}},$$

für alle k und i;

$$KEINL_{k,i} = DEINL_{k,i} / 1000 * KHMEHR * 250,$$

für alle k und i;

$$GEINLK = \sum_{i=1}^{ANZKLA} \sum_{k=1}^{ANZART_{i,i}} KEINL_{k,i}.$$

(6.5) Transportkosten

Für die Frachtkosten einer einzelnen Sendung vom ZL zu dem AL j (Sekundärtransport) gelte:

$$FRACHT_{j,\text{takt}} = \text{tf}(\text{GEW}_{j,\text{takt}}, \text{ENTF}_j, \text{MARGES}, \text{MARGEW}, \text{GROLL}, \text{GRUPSP}, \text{MAXKAP}),$$

$$\text{mit } \text{GEW}_{j,\text{takt}} = \sum_{i=1}^{ANZKLA} \sum_{k=1}^{ANZART_{i,j}} \text{ORDER}_{k,i,j,\text{takt},1},$$

für alle j und takt.

tf(...) ist eine Transportkostenfunktion, die den RKT-Stückgut- und Wagenladungstarif, die UPS- und Postgebühren und die BSL-Hausfrachtsätze beinhaltet.

Die mittleren Frachtkosten im Sekundärtransport pro AL und Abrechnungsperiode berechnen sich zu:

$$KFRA_j = \sum_{\text{takt}=\text{TSTART}+1}^{\text{TEND}} \text{FRACHT}_{j,\text{takt}} / \text{SIMZEIT} * 250,$$

für alle j.

Für die Frachtkosten einer einzelnen Sendung vom Lieferanten zum ZL (Primärtransport) gelte:

$$\text{FRACHT}_{\text{ANZAL}+1,\text{takt}} = \text{tf}(\text{GEW}_{\text{ANZAL}+1,\text{takt}}, \text{ENTF}_{\text{ANZAL}+1}, \text{MARGES}, \text{MARGEW}, \text{GROLL}, \text{GRUPSP}, \text{MAXKAP})$$

$$\text{mit } \text{GEW}_{\text{ANZAL}+1,\text{takt}} = \sum_{i=1}^{\text{ANZKLA}} \sum_{k=1}^{\text{ANZART}_{i,1}} \text{ORDERZ}_{k,i,\text{takt},1},$$

für alle takt.

Die mittleren Frachtkosten im Primärtransport pro Abrechnungsperiode ergeben:

$$KFRA_{\text{ANZAL}+1} = \sum_{\text{takt}=\text{TSTART}+1}^{\text{TEND}} \text{FRACHT}_{\text{ANZAL}+1,\text{takt}} / \text{SIMZEIT} * 250.$$

Die gesamten Transportkosten pro Abrechnungsperiode betragen:

$$\text{GTRANSK} = \sum_{j=1}^{\text{ANZAL}+1} KFRA_j.$$

(6.6) Gesamtkosten

Die Summe der entscheidungsabhängigen Kosten pro Abrechnungsperiode lautet:

$$\text{KGES} = \text{GBESTK} + \text{GORDK} + \text{GFEHLK} + \text{GEINLK} + \text{GTRANSK}.$$

(6.7) Lieferbereitschaft

Die tatsächlich erreichten Lieferbereitschaften pro Artikelklasse werden nach folgender Formel berechnet:

Lieferbereitschaft = 1 - langfristiger Fehlmenganteil.

$$\text{LAMBDAI}_i = 1 - \frac{\sum_{\text{takt}=\text{TSTART}+1}^{\text{TEND}} \sum_{j=1}^{\text{ANZAL}} \sum_{k=1}^{\text{ANZART}_{j,1}} \text{FEHL}_{k,i,j}}{\sum_{\text{takt}=\text{TSTART}+1}^{\text{TEND}} \sum_{j=1}^{\text{ANZAL}} \sum_{k=1}^{\text{ANZART}_{j,1}} \text{BEDA}_{k,i,j}}$$

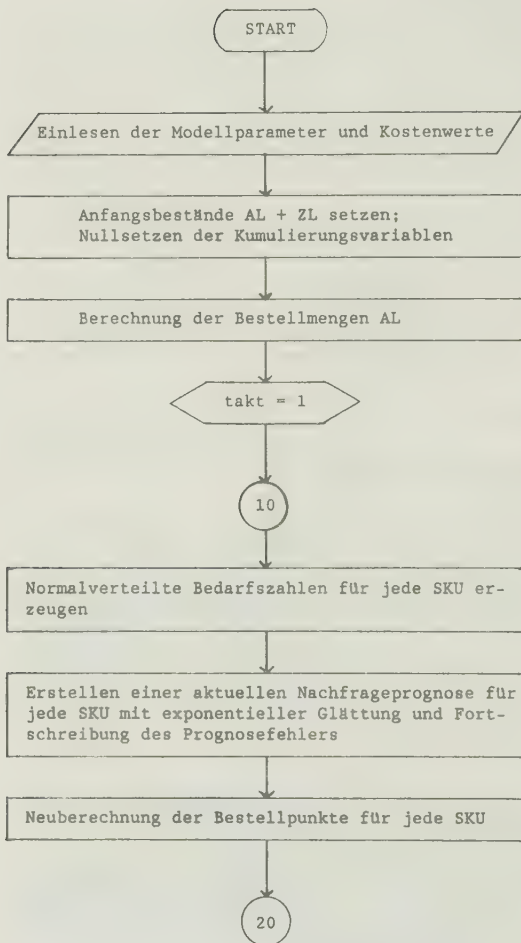
für alle i.

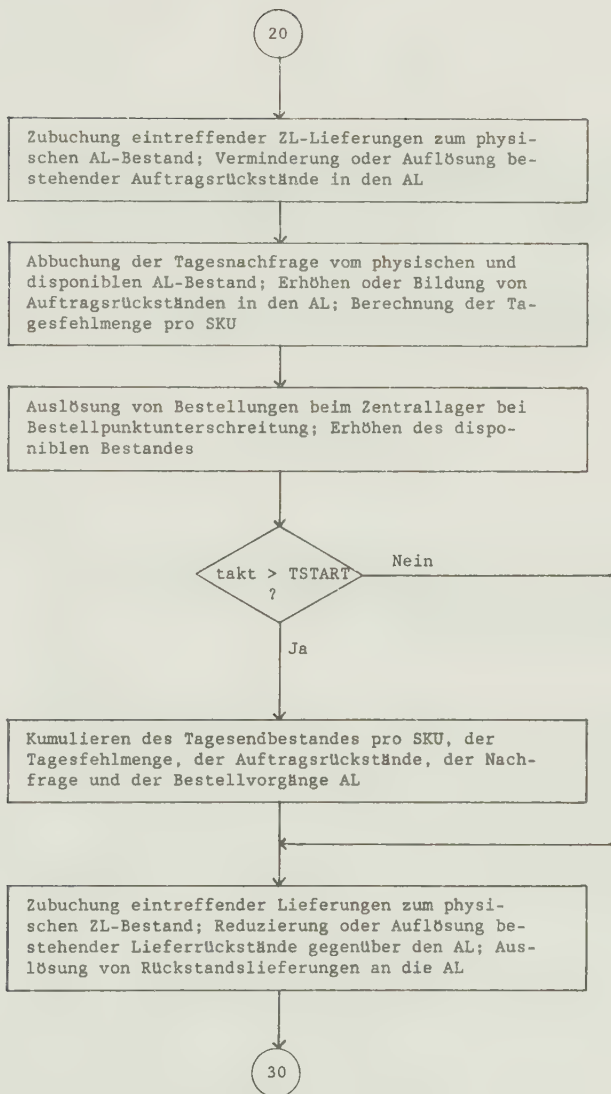
4.3.4.4 Ablaufplan der Simulation

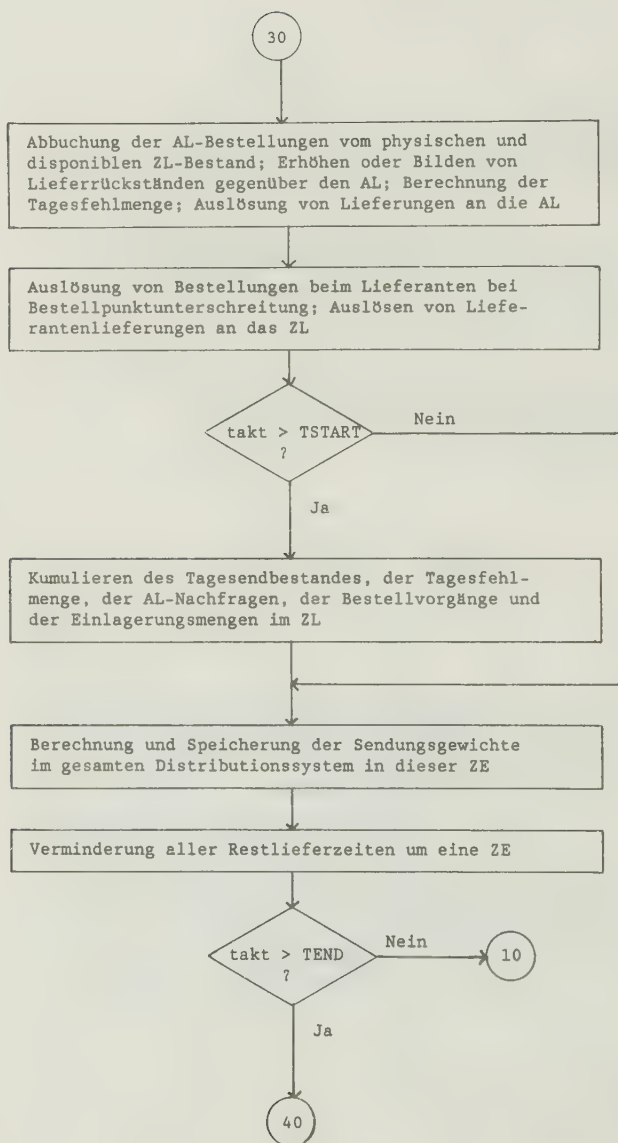
Das in Abschnitt 4.3.4.3 beschriebene Simulationsmodell muß nun in ein Computerprogramm umgesetzt werden. Zur Strukturierung des logischen Ablaufes der Simulation wird ein Flußdiagramm nach DIN 66001 erstellt, das die auszuführenden Rechen- und Verarbeitungsoperationen in sequentieller Reihenfolge darstellt (vgl. Abb. 4.13).

4.3.4.5 Umsetzung in ein Computerprogramm

Das Computerprogramm soll so aufgebaut sein, daß die Simulation alternativer Dispositionssysteme ohne größere Programmänderungen möglich ist. Die im Ablaufplan der Simulation aufgeführten Rechen- und Verarbeitungsoperationen werden deshalb zu einzelnen Modulen zusammengefaßt. Der modulare Aufbau des Computerprogramms ist in Abb. 4.14 in Form eines Programmorganisationsplanes wiedergegeben.







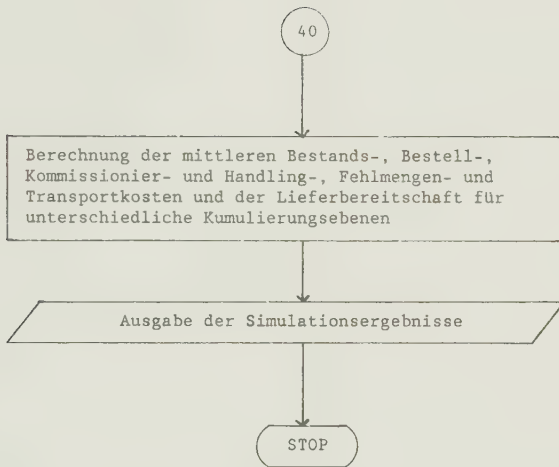


Abb. 4.13: Ablaufplan der Simulation im klassischen Modell

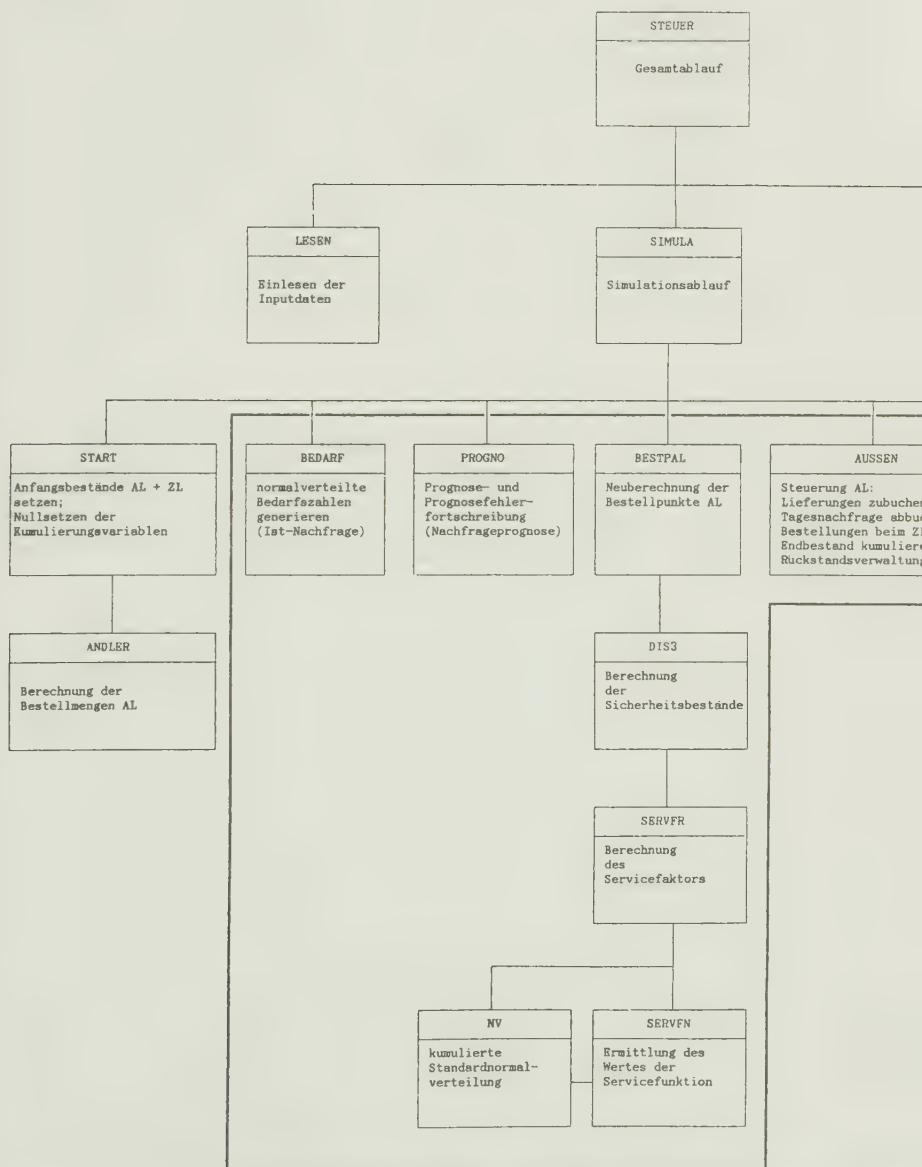
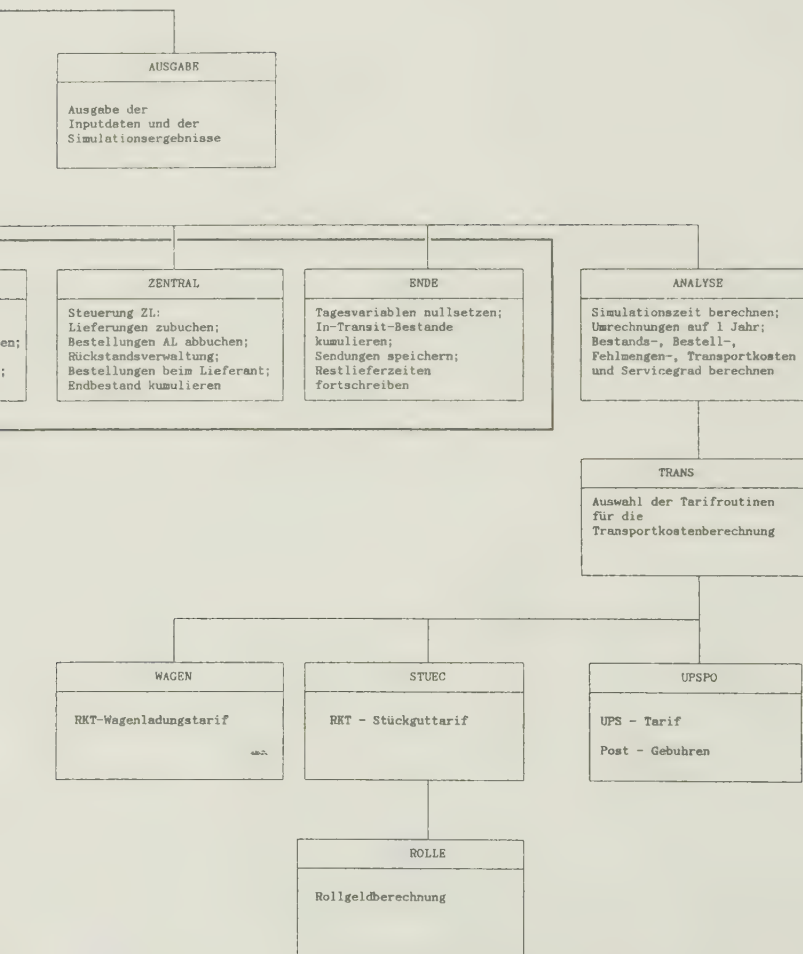


Abb. 4.14: Programmorganisationsplan für das Computerprogramm zur Simulation



ation des klassischen Verfahrens der Bestandsdisposition

Die im Programmorganisationsplan von einer dick gezogenen Linie umgebenen Module werden innerhalb der Simulationsschleife, die sequentiell alle Zeiteinheiten der Simulationszeit durchläuft, abgearbeitet. Die außerhalb der Schleife liegenden Module werden nur ein einziges Mal aufgerufen und müssen bei Änderungen des Dispositionssystems nicht modifiziert werden. Innerhalb der Simulationsschleife sind nur die Module "AUSSSEN" und "ZENTRAL" neu zu programmieren, wenn statt dem klassischen Verfahren der Bestandsdisposition ein DRP-System simuliert werden soll.

Das Simulationsprogramm wurde in der Programmiersprache FORTRAN¹ erstellt. Mit Ausnahme der Routinen zur Transportkostenberechnung sind alle Module im Anhang A dieser Arbeit aufgeführt². Die Zufallszahlen wurden mit einem PASCAL-Programm³ erzeugt, da FORTRAN über keinen eigenen Zufallszahlengenerator verfügt. Der Test der Zufallszahlen nach den üblichen statistischen Verfahren⁴ erfolgte mit dem Statistik-Programmpaket SPSS-PC+.⁵

¹ Vgl. Deutsches Institut für Normung e. V., DIN 66027: Programmiersprache FORTRAN, Berlin 1980.

² Vgl. S. 233 ff.; die Routinen zur Transportkostenberechnung wurden von E. Dandl programmiert und unverändert übernommen; vgl. hierzu Dandl, E., Die Modellierung verkehrsbetrieblicher Transporte in computergestützten Distributionsplanungssystemen, a. a. O., Abschnitte 2.5 und 3.

³ Zu der Programmiersprache PASCAL vgl. Crogon, P., Programming in PASCAL, 2nd Ed., London 1984.

⁴ Vgl. Fishman, G. S., Principles of Discrete Event Simulation, New York 1978, S. 373 ff.

⁵ Vgl. Norusis, M. J., SPSS/PC+: SPSS for the IBM PC/XT/AT, Chikago 1986.

Alle Auswertungen wurden auf einem IBM-Personal Computer PS/2, Modell 80, durchgeführt. Auf 32-bit-Computern, zu denen auch dieser PC zählt, können nach Krüger¹ mit der multiplikativen Kongruenzmethode Zufallszahlen mit einer Periode von größer 10^9 generiert werden. Dies ist auch für umfangreiche Simulationen ausreichend. Da die Verarbeitungsgeschwindigkeit ebenfalls keine Restriktion darstellt, können auf dem genannten Hardware-System Bestandsdispositionsverfahren realistischer Größenordnung simuliert werden.

4.3.4.6 Bewertung des klassischen Dispositionsverfahrens

Zur Bewertung des klassischen Dispositionsverfahrens nach den Kriterien "entscheidungsabhängige Kosten" und "Lieferbereitschaft pro Artikelklasse" werden mehrere Kombinationen zwischen Zentrallager-Bestellpunkt B und maximalem Sollbestand M simuliert. Die Simulationsdauer beträgt jeweils 2.500 ZE, erweitert um eine zusätzliche Simulationsanlaufphase von 50 ZE. Erst nach Ablauf der Simulationsanlaufphase beginnt die Kumulierung der für die Ermittlung der Entscheidungskriterien notwendigen Werte. Zweck der Simulationsanlaufphase ist es, den Einfluß des (willkürlich gewählten) Startzustandes der Simulation auf die Simulationsergebnisse zu begrenzen.

Da das Zentrallager nur ganze Bestellmengen an die Außenlager liefern darf, sind als Werte für B und M nur ganzzahlige Vielfache der Außenlager-Bestellmenge q sinnvoll. Weiterhin sind infolge der Bedin-

¹ Vgl. Krüger, S., Simulation - Grundlagen, Techniken, Anwendungen, a. a. O., S. 108 f.

gung, daß eine Bestellung ausgelöst wird, wenn der disponible Zentrallagerbestand den Bestellpunkt erreicht oder unterschreitet, alle Systeme, in denen der Bestellpunkt dem maximalen Sollbestand entspricht, identisch mit den Systemen, in denen der Bestellpunkt um eine Bestellmenge geringer ist als der maximale Sollbestand. Untersucht werden daher nur Systeme mit einem um mindestens eine Bestellmenge über dem Bestellpunkt liegenden maximalen Sollbestand. Als Obergrenze für den Bestellpunkt wird das Vierfache der Bestellmenge angesehen, da in diesem Fall für jede SKU eine hundertprozentige Lieferbereitschaft des Zentrallagers gewährleistet ist. Die individuelle Bestellmengenreichweite in Bezug auf die Endnachfrage ist für jede SKU so hoch, daß der Zentrallagerbestand in der Zeit bis zur nächsten Bestellauslösung wieder aufgefüllt ist. Der maximale Sollbestand wird ceteris paribus so lange um jeweils eine Bestellmenge erhöht, bis ein deutlicher Anstieg der entscheidungsabhängigen Kosten zu beobachten ist.

In einem ersten Schritt werden nur Systeme simuliert, in denen B und M für alle Artikel nach einer einheitlichen Rechenvorschrift aus der jeweiligen Außenlager-Bestellmenge q ermittelt werden. Tabelle 4.15 zeigt die untersuchten Systeme unter Angabe der Dispositionsparameter B und M sowie der Werte der Entscheidungskriterien.

Wie aus Tab. 4.15 hervorgeht, sind die Systeme 14, 16 und 24¹ besonders kostengünstig. Für diese drei

¹ Die erste Ziffer der Systemnummer bezeichnet den Multiplikator der AL-Bestellmenge zur Berechnung des ZL-Bestellpunktes, die zweite Ziffer den Multiplikator zur Ermittlung des maximalen Sollbestandes.

Zentrallager- Bestellpunkt	maximaler Sollbestand	Ist-Lieferbereitschaft in Artikelklasse j (%)			Summe der entscheid.- abh. Kosten (1000 GE/AP)
		j = 1	j = 2	j = 3	
B	M				
4q	6q	99,73	99,84	99,89	265,0
4q	5q	99,73	99,84	99,89	262,1
3q	6q	99,73	99,84	99,89	258,2
3q	5q	99,73	99,84	99,89	255,2
3q	4q	99,73	99,84	99,89	252,4
2q	6q	99,66	99,84	99,89	253,4
2q	5q	99,70	99,81	99,48	249,2
2q	4q	99,62	99,84	99,39	247,0
2q	3q	99,28	99,80	98,90	248,1
1q	7q	99,30	99,59	98,59	250,1
1q	6q	99,36	99,59	98,53	246,3
1q	5q	99,22	99,69	99,84	248,2
1q	4q	99,28	99,58	97,80	245,9
1q	3q	98,38	99,08	96,60	253,7
1q	2q	97,15	98,67	94,48	266,3
0q	1q	92,42	92,62	84,37	333,6

Tab. 4.15: Simulationsergebnisse für das klassische Dispositionsverfahren (einheitliche Dispositionsparameter pro Artikelklasse)

Systeme finden sich in Anhang B¹ detaillierte Ergebnisprotokolle. Die Protokolle beinhalten eine Kurzdarstellung der Inputdaten², aufgeteilt in die Einzelpunkte

- Simulationszeitraum,
- allgemeine Systemdaten,
- Nachfragedaten,
- Lieferzeiten,
- Service-Vorgaben und
- Kostendaten.

Anschließend sind die einzelnen Kostenarten, untergliedert in das Mengengerüst der Kosten und die bewerteten Kosten pro Abrechnungsperiode, und die Ist-Lieferbereitschaften aufgeführt. Der Simulationsoutput umfaßt somit

- die mittleren Bestände pro ZE und die Bestandskosten pro Abrechnungsperiode,
- die Anzahl der Bestellungen und die Bestellkosten pro Abrechnungsperiode,
- die Einlagerungsmenge im ZL und die Kommissionier- und Handlingmehrkosten pro Abrechnungsperiode,
- die mittlere Fehlmenge pro ZE und die Fehlmengenkosten pro Abrechnungsperiode,
- die Anzahl der Sendungen, das durchschnittliche Sendungsgewicht und die Transportkosten pro Abrechnungsperiode,

¹ Vgl. S. 286 ff.

² Auf die Wiedergabe der Inputdaten wurde bei allen nachfolgenden Systemen verzichtet, da außer den Dispositionsparametern zur ZL-Steuerung identische Daten verwendet werden. Die Dispositionsparameter selbst sind aus der Systemnummer ersichtlich.

- die Gesamtkosten pro Abrechnungsperiode und
- die Ist-Lieferbereitschaften.

Soweit dies sinnvoll ist, werden die Kumulierungsstufen "Außenlagerebene", "Zentrallagerebene" und "Gesamtsystemebene" unterschieden. Weiterhin wird nach den Summen pro Außenlager, pro Artikelklasse und pro Artikel differenziert.

Es fällt auf, daß die beiden Systeme mit den geringsten entscheidungsabhängigen Gesamtkosten (die Systeme 14 und 16) unzulässig sind, da jeweils in der dritten Artikelklasse gegen die Lieferbereitschaftsvorgabe von 99 % verstoßen wird. System 24 dagegen übertrifft in allen Artikelklassen die geforderte Lieferbereitschaft.

Bisher wurden ausschließlich Systeme simuliert, in denen der Zentrallager-Bestellpunkt und der maximale Sollbestand für alle Artikelklassen nach einer einheitlichen Berechnungsvorschrift ermittelt wurden. Diese Beschränkung soll nunmehr fallengelassen werden. Um die kombinatorische Vielfalt der Systemalternativen zu begrenzen, werden nur solche Systeme simuliert, die auf den bisher optimalen Systemen basieren oder aus anderen Gründen günstige Ergebnisse erwarten lassen. Tabelle 4.16 zeigt eine kurze Aufstellung der Simulationsergebnisse für vier weitere Systeme¹. Für alle in der Tabelle aufgeführten Systeme sind detaillierte Ergebnisprotokolle im Anhang B beigefügt².

¹ Die Bezeichnungen der Systeme (Nummer 91 bis 94) sind nicht sprechend, da für die einzelnen Artikelklassen unterschiedliche Dispositionsparameter gelten (vgl. Tab. 4.16).

² Vgl. S. 300 ff.

System-Nr.	Zentrallager-Bestellpunkt B in Artikelkl. j			maximaler Sollbestand M in Artikelklasse j			Ist-Lieferbereitschaft in Artikelkl. j			Summe der entscheidungsabh. Kosten (1000 GE pro AP)
	j = 1	j = 2	j = 3	j = 1	j = 2	j = 3	j = 1	j = 2	j = 3	
91	2q	1q	2q	3q	3q	3q	99,28	99,08	98,90	247,0
92	1q	1q	2q	6q	6q	3q	99,36	99,59	98,90	247,2
93	1q	1q	2q	4q	4q	3q	99,28	99,58	98,90	246,5
94	2q	1q	2q	18q	3q	3q	99,68	99,08	98,90	263,2

Tab. 4.16: Simulationsergebnisse für das klassische Dispositionsverfahren (unterschiedliche Dispositionsparameter pro Artikelklasse)

System 91 liegt die Zielsetzung zugrunde, in allen Artikelklassen die vorgegebene Lieferbereitschaft so gering wie möglich zu überschreiten. Die Systeme 92 und 93 stellen Modifikationen der Systeme 16 und 14 dar. In beiden Fällen wurde die unzureichende Ist-Lieferbereitschaft in der dritten Artikelklasse angehoben. System 94 schließlich untersucht die Auswirkungen einer Anhebung der Bestellmenge für Artikel der ersten Artikelklasse auf ca. fünf Tonnen. Sendungen an das Zentrallager, die Artikel der ersten Artikelklasse beinhalten, werden dann nach dem Wagenladungssatz des RKT abgerechnet und sind zudem nicht rollgeldpflichtig.

System 93 ist jetzt unter allen simulierten Systemen kostenoptimal und verletzt keine Lieferservicerestriktionen. Die Reduzierung der Gesamtkosten gegenüber System 24 liegt allerdings bereits im Unschärfebereich der Simulation. Die Primärtransportkosten im System 94 liegen mit ca. 42.000 GE/AP deutlich unter den Primärtransportkosten aller übrigen Systeme (ca. 55.000 bis 61.000 GE/AP). Die Transportkostenersparnis reicht aber nicht aus, einen überproportionalen Anstieg der Bestandskosten auszugleichen.

Als Referenzsystem für den Vergleich des klassischen Dispositionsverfahrens mit einem DRP-System wird System 93 ausgewählt.

4.3.5 Simulation eines DRP-Systems

4.3.5.1 Beschreibung des DRP-Systems

Der Hauptunterschied der DRP-Steuerung gegenüber dem klassischen Dispositionsverfahren besteht darin, daß die Außenläger nicht allein die zeitkritischen Bestellungen an das Zentrallager übermitteln, sondern eine Vorausplanung ihrer Bestellungen über einen definierten Planungshorizont durchführen. Für unser Beispiel umfasse der Planungshorizont zehn Zeiteinheiten, beginnend mit der auf die jeweils aktuelle Simulationsperiode folgenden Zeiteinheit. Die Bestellauslösung innerhalb des Vorausplanungszeitraumes wird über ein Bestellpunktverfahren gesteuert. Der Bestellpunkt wird in jeder Simulationsperiode an die Veränderungen der Nachfrageprognosen und der Prognosefehler angepaßt, innerhalb des Planungshorizontes ist er jedoch fix, da die Nachfrageprognosen ein konstantes Niveau aufweisen.

Die vorausgeplanten Außenlager-Bestellungen können nun dazu benutzt werden, die Bestände im Zentrallager zu reduzieren. Wegen der deterministischen Lieferantenlieferzeiten ist ein vollständiger Abbau der zentral gelagerten Bestände möglich. Aus der Sicht der Außenläger verlängert sich dann die Wiederbeschaffungszeit um die Lieferzeit vom Lieferanten zum Zentrallager. Die in den Außenlagern gehaltenen Sicherheitsbestände müssen um einen entsprechenden Betrag erhöht werden. Um nicht auf den im Zeitablauf erfolgenden Informationszuwachs zu verzichten, werden nur die zeitkritischen Außenlager-Bestellungen an den Lieferanten weitergeleitet. Alle Außenlager-Bestellungen, die innerhalb der verlängerten Wiederbeschaffungszeit die Außenläger erreicht haben müs-

sen, werden eingefroren. Planrevisionen sind nur im Anschluß an diesen Zeitraum erlaubt.

Da in unserem Beispiel eine Direktbelieferung der Außenlager durch den Lieferanten nicht gestattet ist, übernimmt das Zentrallager die Funktion eines Umschlagspunktes. Die Raumkosten eines Umschlagspunktes seien im Verhältnis zu den Raumkosten des Zentrallagers so gering, daß ihre explizite Berücksichtigung im Simulationsmodell unterbleiben kann. Eine im klassischen Dispositionsverfahren erforderliche zentrale Bestellabteilung wird weiterhin benötigt, wenn die erreichbare Ersparnis der gesamten Bestellkosten höher ist als die Kosten der Bestellabteilung. Für das klassische Dispositionsverfahren wurde angenommen, daß sowohl für Bestellungen der Außenlager beim Zentrallager als auch für Bestellungen des Zentrallagers beim Lieferanten ein globaler Bestellkostensatz $S = 10$ [GE pro Bestellung] gelte¹. Der Bestellkostensatz verdoppele sich, wenn die Außenlager direkt beim Lieferanten bestellen, da in diesem Fall alle Tätigkeiten der Bestellschreibung, -übermittlung und -überwachung von den Außenlagern wahrgenommen werden müssen. Allein in der ersten Artikelklasse fallen somit bei dezentraler Bestellung im Mittel 20.253 GE Bestellkosten pro Abrechnungsperiode an². Durch Beibehaltung der zentralen Dispositionsabteilung können die gesamten Bestellkosten reduziert werden, da alle Außenlager-Bestellungen desselben Artikels in einer Simulationsperiode zu einer einzigen Bestellung beim Lieferan-

¹ Vgl. Abschnitt 4.3.3.2 dieser Arbeit.

² 2 [Artikel] * 4 [SKU pro Artikel] * 160 [ME mittl. Nachfrage pro SKU und ZE] / 316 [ME pro Bestellung] * 250 [ZE pro AP] * 20 [GE pro Bestellung].

ten zusammengefaßt werden. Die Bestellhäufigkeit einer SKU beträgt in der ersten Artikelklasse 0,5063 [Bestellungen pro ZE]¹. Ein Artikel dieser Artikelklasse wird somit durchschnittlich 2,025 mal pro Zeiteinheit bestellt. Werden die Bestellungen zusammengefaßt, verringern sich in der ersten Artikelklasse die zentralen Bestellkosten um 50,625 % und die gesamten Bestellkosten um 25,31 %. Ohne die Kosten der zentralen Dispositionsabteilung näher zu quantifizieren, sei angenommen, daß die Bestellkostenminderungen größer sind als die Kosten für die Einrichtung der Bestellabteilung. Unter dieser Voraussetzung sind die Ergebnisse der Simulationsläufe für alternative Dispositionsverfahren direkt miteinander vergleichbar (abgesehen von den Kosten des Informationssystems).

Ein weiterer Vorteil der DRP-Steuerung ist in der Transportkostenoptimierung zu sehen. Vor allem auf der Relation Lieferant-Umschlagspunkt kann versucht werden, durch Vorziehen nicht-zeitkritischer Außenlager-Bestellungen günstige Sendungsgrößen zu erreichen. Um die Auswirkungen des Abbaus der Zentrallagerbestände und der Transportkostenoptimierung isoliert darstellen zu können, wird zunächst nur der erste der beiden genannten Effekte untersucht. Mit der Transportkostenoptimierung befaßt sich der Abschnitt 4.3.6.

4.3.5.2 Variablendefinitionen

Zusätzlich zu den in Abschnitt 4.3.4.2 getroffenen Definitionen wird eine Variable eingeführt, die den

¹ 160 [ME mittl. Nachfrage pro ZE] / 316 [ME pro Bestellung].

disponiblen Außenlagerbestand innerhalb des Planungshorizontes bezeichnet:

$VBESTD_{k,i,j,takt,t}$ vorausgeplanter disponibler Bestand für Artikel k der Artikelklasse i in Außenlager j am Ende der Planungsperiode t zum Simulationszeitpunkt takt (ME)

Außerdem ist der Bestellschalter SORDER entsprechend anzupassen:

$SORDER_{k,i,j,takt,t}$ Bestellschalter Außenlänger

$$= \begin{cases} 1, & \text{falls in der Planungsperiode t zum Simulationszeitpunkt takt für Artikel k der Artikelklasse i im Außenlager j eine Bestellung ausgelöst wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

4.3.5.3 Entwurf des Simulationsmodells

Beschrieben werden nur die Veränderungen gegenüber dem Modell für das klassische Dispositionsverfahren.

zu Teilmodell (3) "Bestellpunktberechnung"

Der Sicherheitsbestand berücksichtigt die um die Lieferzeit vom Lieferanten zum Zentrallager verlängerte Wiederbeschaffungszeit:

$$SIGLZB_{k,i,j,takt} = (LZAL_j + LZZL_i)^{0.5} * SIGTAG_{k,i,j,takt}$$

für alle k, i, j und takt.

zu Teilmodell (4) "Außenlagerdisposition"

Das Modell wird um die Variable VBESTD erweitert. Statt anhand des aktuellen disponiblen Bestandes der Simulationsperiode (BESTD) feste Bestellungen auszulösen, werden über den vorausgeplanten disponiblen Bestand (VBESTD) Bestellpläne für den Planungszeitraum ermittelt. Der vorausgeplante disponible Bestand am Ende der ersten Planungsperiode ergibt sich als Differenz aus dem disponiblen Bestand am Ende der aktuellen Simulationsperiode und der Nachfrageprognose für die erste Planungsperiode. Falls der vorausgeplante disponible Bestand den Bestellpunkt erreicht oder unterschreitet, wird eine Bestellung mit der Bestellmenge Q eingepplant:

$$VBESTD_{k,i,j,takt,1} = \begin{cases} x, & \text{falls } x > B_{k,i,j,takt} \\ x + Q_{i,j}, & \text{sonst} \end{cases}$$

mit $x = BESTD_{k,i,j,takt} - PTAG_{k,i,j,takt}$

für alle k, i, j und takt.

Der vorausgeplante disponible Bestand für alle übrigen Planungsperioden errechnet sich aus dem vorausgeplanten disponiblen Bestand am Ende der jeweiligen Vorperiode, abzüglich der konstanten Nachfrageprognose. Auch hier wird bei Erreichen oder Unterschreiten des Bestellpunktes eine Bestellung eingepplant:

$$VBESTD_{k,i,j,takt,t} = \begin{cases} x, & \text{falls } x > B_{k,i,j,takt} \\ x + Q_{i,j}, & \text{sonst} \end{cases}$$

mit $x = VBESTD_{k,i,j,takt,t-1} - PTAG_{k,i,j,takt}$

für alle k, i, j und takt; $t = 2, \dots, TMAX$.

In den Planungsperioden, in denen eine Bestellung ausgelöst wird, ist der Bestellschalter auf den Wert "1" zu setzen:

$$\text{SORDER}_{k,i,j,\text{takt},1} = \begin{cases} 0, & \text{falls } x > B_{k,i,j,\text{takt}} \\ 1, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\text{mit } x = \text{BESTD}_{k,i,j,\text{takt}} - \text{PTAG}_{k,i,j,\text{takt}},$$

für alle k, i, j und takt ;

$$\text{SORDER}_{k,i,j,\text{takt},t} = \begin{cases} 0, & \text{falls } x > B_{k,i,j,\text{takt}} \\ 1, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\text{mit } x = \text{VBESTD}_{k,i,j,\text{takt},t-1} - \text{PTAG}_{k,i,j,\text{takt}},$$

für alle k, i, j und $\text{takt}; t = 2, \dots, \text{TMAX}$.

zu Teilmodell (5) "Zentrallagerdisposition"

Da auf der Zentrallagerebene keine Bestände mehr gehalten werden, entfällt die Fortschreibung der physischen Zentrallagerbestände, der disponiblen Zentrallagerbestände, der Fehlmengen, der Lieferrückstände und der Einlagerungsmengen:

$$\text{BESTZ}_{k,i,\text{takt}} = 0,$$

$$\text{BESTZD}_{k,i,\text{takt}} = 0,$$

$$\text{FEHLZ}_{k,i,\text{takt}} = 0,$$

$$\text{BACKZ}_{k,i,\text{takt}} = 0,$$

$$\text{EINL}_{k,i,\text{takt}} = 0,$$

für alle k, i und takt .

Von der zentralen Dispositionsabteilung werden nur die zeitkritischen Außenlager-Bestellungen an den Lieferanten weitergegeben. Zeitkritisch ist eine Außenlager-Bestellung genau dann, wenn sie in einer

Planungsperiode ausgelöst wurde, die kleiner oder gleich der Lieferzeit des Lieferanten zum Umschlagspunkt ist. Die Lieferzeit vom Umschlagspunkt zum Außenlager wurde bereits durch den Bestellpunkt berücksichtigt.

$$\text{ORDER}_{k,i,j,\text{takt},m} = \sum_{t=1}^{\text{LZZL}_i} \text{SORDER}_{k,i,j,\text{takt},t} * Q_{i,j},$$

mit $m = \text{LZAL}_j + \text{LZZL}_i + 1$, für alle k, i, j und takt .

Der disponible Außenlagerbestand kann nun fortgeschrieben werden:

$$\begin{aligned} \text{BESTD}_{k,i,j,\text{takt}} &= \text{BESTD}_{k,i,j,\text{takt}-1} - \text{BEDA}_{k,i,j,\text{takt}} + \\ &+ \text{ORDER}_{k,i,j,\text{takt},m} \\ &\text{für alle } k, i, j \text{ und } \text{takt}. \end{aligned}$$

Die zentrale Dispositionsabteilung faßt mehrere Außenlager-Bestellungen desselben Artikels in der gleichen Zeiteinheit zu einer Bestellung zusammen. Der Bestellschalter für die Zentrale ist auf den Wert "1" zu setzen, falls mindestens eine Außenlager-Bestellung vorliegt:

$$\text{SORDERZ}_{k,i,\text{takt}} = \begin{cases} 1, & \text{falls } \sum_{j=1}^{\text{ANZAL}} \text{ORDER}_{k,i,j,\text{takt},m} > 0 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

mit $m = \text{LZAL}_j + \text{LZZL}_i + 1$, für alle k, i und takt .

zu Teilmodell (6) "Kosten und Lieferbereitschaftsrechnung", Abschnitt (6.2) "Bestellkosten"

Die mittlere Anzahl der Außenlager-Bestellungen pro Abrechnungsperiode wird aus der Anzahl aller zeit-

kritischen Außenlager-Bestellungen während der Simulationsphase berechnet:

$$DNORAL_{k,i,j} = \frac{\sum_{\text{takt=TSTART}+1}^{\text{TEND}} LZZL_i}{\sum_{t=1}^{\text{TEND}} SORDER_{k,i,j,\text{takt},t}} / \text{SIMZEIT},$$

für alle k, i und j.

4.3.5.4 Bewertung des DRP-Systems

Die Ergebnisse des Simulationslaufes für das DRP-System sind ausführlich im Anhang B dargestellt¹. Ein Vergleich der entscheidungsabhängigen Kosten zwischen dem klassischen Dispositionsverfahren und dem DRP-System findet sich in Tabelle 4.17. Die erreichten Ist-Lieferbereitschaften beider Systeme werden in Tabelle 4.18 gegenübergestellt.

Es ist festzustellen, daß das DRP-System einen insgesamt höheren Lieferservice bietet als das klassische Dispositionsverfahren. Dieser Unterschied wird aus der Kritik des Bestellpunktverfahrens² heraus verständlich: Durch die Vorausplanung der Bestellungen im DRP-System kann die zentrale Disposition rechtzeitig auf simultan eintreffende Außenlagerbestellungen reagieren.

Die Kosten für die Außenlagerbestände sind im DRP-System höher, da wegen der verlängerten Wiederbeschaffungszeiten höhere Sicherheitsbestände gehalten werden. Die Bestellkosten der Außenlager und die Se-

¹ Vgl. S. 316 ff., das DRP-System wird im Anhang als "System 7" bezeichnet.

² Vgl. hierzu Abschnitt 2.1.1.1 dieser Arbeit, S. 23 ff.

System Kosten (GE/AP)		93 (klass. Dis- positions- verfahren)	DRP	Differenz	
				(GE/AP)	(Z)
Bestands- kosten	AL	23.999	26.568	+2.569	+10,70
	ZL	14.817	0	-14.817	-100,00
Bestell- kosten	AL	19.490	19.530	+40	+0,00
	ZL	7.820	12.430	+4.610	+58,95
Kommissionier- und Handling- mehrkosten		6.860	0	-6.860	-100,00
Fehlmen- gen- kosten		9.206	4.958	-4.248	-46,14
Transport- kosten	primär	61.133	63.124	+1.991	+3,26
	sekundär	103.214	103.378	+164	+0,00
entscheidungsab- hängige Gesamtkosten		246.539	229.988	-16.551	-6,71

Tab. 4.17: Gegenüberstellung der entscheidungsabhängigen Kosten für das klassische Dispositionsverfahren und das DRP-System

System Ist-Liefer- bereitschaften (Z)		93 (klass. Dispositions- verfahren)	DRP
Artikel- klasse	1	99,28	99,63
	2	99,58	99,58
	3	98,90	99,41
Gesamt		99,30	99,61

Tab. 4.18: Gegenüberstellung der Ist-Lieferbereitschaften für das klassische Dispositionsverfahren und das DRP-System

kundärtransportkosten weisen ein nahezu unverändertes Niveau auf, weil sich das auf die externe Nachfrage reagierende Bestellverhalten der Außenlager nicht geändert hat. Bei den Primärtransportkosten ist ein Anstieg zu verzeichnen, der durch die vergleichsweise hohen maximalen Sollbestände der ersten und zweiten Artikelklasse im System 93 erklärt werden kann. Die wesentlichen Kostenwirkungen gehen aber von den zentral gehaltenen Beständen, den zentral disponierten Bestellungen, den Einlagerungsmengen im Zentrallager und den Fehlmengen der Außenlager aus. Beim DRP-System entfallen die Zins- und Lagerhauskosten für Zentrallagerbestände ebenso wie die Kommissionier- und Handlingmehrkosten völlig. Wegen der verbesserten Lieferbereitschaften sinken

auch die Fehlmengenkosten in der ersten und dritten Artikelklasse erheblich. Die Kosten für zentral disponierte Bestellungen steigen allerdings; auch dieser Effekt ist auf die relativ hohen maximalen Sollbestände der ersten beiden Artikelklassen im klassischen Dispositionsverfahren zurückzuführen. Insgesamt wird eine deutliche Reduzierung der entscheidungsabhängigen Kosten um 16.551 GE/AP (- 6,71 %) ausgewiesen.

4.3.6 Simulation einer Heuristik zur Optimierung der Transportkosten für das DRP-System

4.3.6.1 Entwurf der Heuristik

Ziel der Transportkostenoptimierung ist es, durch Vorziehen nicht-zeitkritischer Bestellungen und deren Zusammenfassung mit zeitkritischen Bestellungen größere Sendungsgewichte zu erreichen. Da die Transportkostenfunktion eine deutliche Gewichtsdegression aufweist¹, können bei steigenden mittleren Sendungsgewichten Transportkosten in erheblichem Umfang eingespart werden. Für das in Abschnitt 4.3.5 simulierte DRP-System stellen die entscheidungsabhängigen Transportkosten einen Anteil von 72,4 % der relevanten Gesamtkosten. Innerhalb der Transportkosten wiederum haben die Sekundärtransportkosten mit ca. 62 % das stärkste Gewicht. Die Heuristik zur Optimierung der Transportkosten setzt deshalb bei den Transporten an, die ab dem Umschlagspunkt zu den Außenlagern durchgeführt werden.

¹ Vgl. hierzu Dandl, E., Die Modellierung verkehrsbetrieblicher Transporte in computergestützten Distributionsplanungssystemen, a.a.O., S. 41 ff.

Wie aus den Ergebnissen für das simulierte DRP-System hervorgeht, wurden durchschnittlich 228 Sendungen pro Abrechnungsperiode auf jeder Transportrelation im Sekundärtransport bewältigt. In grober Näherung entspricht dies einer Sendung für jede Zeiteinheit der Abrechnungsperiode. Die Optimierungsheuristik versucht nun, die Gesamtzahl der Sendungen auf den einzelnen Transportrelationen zu reduzieren und damit höhere mittlere Sendungsgewichte zu realisieren. Eine Reduktion der Sendungen im Sekundärtransport ist aber nur möglich, wenn die zentrale Dispositionsabteilung vorausgeplante, nicht-zeitkritische Außenlagerbestellungen zusammen mit den zeitkritischen Bestellungen disponiert und einen gemeinsamen Auslieferungstermin festlegt. Es muß beachtet werden, daß den sinkenden Sekundärtransportkosten bei dieser Vorgehensweise steigende Bestandskosten entgegenstehen, da für die Lagereinheiten, deren Bestellungen zeitlich vorgezogen werden, höhere Bestände gehalten werden müssen als bei zeitgenauer Disposition. Alle am Umschlagpunkt eintreffenden Lieferungen werden direkt an die Außenlager weitergeleitet; es wird angenommen, daß in den Außenlagern zusätzlicher Lagerraum zu konstanten Kostensätzen angemietet werden kann. Die Berücksichtigung von Kommissionier- und Handlingmehrkosten kann daher unterbleiben. Sekundäreffekte sind für die Fehlmengen- und die Bestellkosten zu erwarten. Die Fehlmengenkosten werden geringer ausfallen, weil in den Lagerzyklen, in denen für eine Lagereinheit eine nicht-zeitkritische Bestellung vordisponiert wurde, keine Fehlmengen auftreten. Durch das vorzeitige Eintreffen der Bestellung wird der physische Lagerbestand erhöht, bevor der Sicherheitsbestand angegriffen wird. Die Bestellkosten sinken ebenfalls, da die An-

zahl der zeitkritischen Außenlagerbestellungen abnimmt.

Die Optimierungsheuristik darf keine Informationen verwenden, die den Mitarbeitern der zentralen Dispositionsabteilung bei ihren tagtäglichen Entscheidungen nicht ebenfalls zur Verfügung stehen würden. Insbesondere müssen die Dispositionsentscheidungen unter Unsicherheit in Bezug auf die künftige Nachfrageentwicklung getroffen werden. Die stochastischen Nachfragen können dazu führen, daß in Perioden, in denen keine Sendungen disponiert wurden, zu einem späteren Zeitpunkt dennoch Bestellungen eingeplant werden müssen, um drohende Fehlmengen infolge größerer Nachfrageschwankungen abzuwenden.

Ein besonderes Problem stellt sich mit den unterschiedlichen Wiederbeschaffungszeiten der Artikel beim Lieferanten. Während die gesamte Wiederbeschaffungszeit eines Artikels der ersten Artikelklasse drei ZE beträgt, sind für einen Artikel der dritten Artikelklasse sieben ZE anzusetzen. Um keine wertvollen Informationen über das Verhalten der Endnachfrager zu vergeben, darf nicht die längste Wiederbeschaffungszeit als Zeitraum für die feste Einplanung der Außenlagerbestellungen herangezogen werden. Stattdessen ist die Planung in jeder Periode, getrennt nach Artikelklassen, neu durchzuführen. Die Disposition der Bestellungen kann für die Artikelklasse mit der längsten Wiederbeschaffungszeit unabhängig von den anderen Artikelklassen erfolgen. Bei der Bestelldisposition der übrigen Artikelklassen jedoch müssen die fest eingeplanten Bestellungen der Artikelklassen mit längerer Gesamtlieferzeit berücksichtigt werden.

In unserem Beispiel sind alle Artikel mit identischer Wiederbeschaffungszeit bereits zu Artikelklassen zusammengefaßt. Um die Optimierungsheuristik allgemeingültig formulieren zu können, ist es für praktische Anwendungen erforderlich, zunächst alle Artikel nach ihrer individuell kumulierten Gesamtlieferzeit zu ordnen und anschließend die Artikel mit gleicher Gesamtlieferzeit zu Artikelklassen zu gruppieren. Daß in einem Praxisfall in der Regel mehrere Lieferanten vorhanden sind, bedeutet keine Anwendungseinschränkung der Heuristik, da ab dem Umschlagspunkt alle Lieferungen an ein Außenlager, die bei dem Umschlagspunkt in derselben Periode eintreffen, in einer Sendung aufgehen.

Bevor die Optimierungsheuristik detailliert beschrieben wird, müssen einige Variablendefinitionen vorgenommen werden:

G_1 Summe der Gewichte aller Außenlagerbestellungen in der Artikelklasse i , für die gilt: Der Zeitraum zwischen der aktuellen Simulationsperiode $takt$ und dem notwendigen Eingangstermin der Bestellung in Außenlager j ist gleich der Gesamtlieferzeit der Artikelklasse i (Gewicht der in $takt$ zeitkritischen Bestellungen des Außenlagers j in Artikelklasse i)

G_2 Summe der Gewichte aller Außenlagerbestellungen in der Artikelklasse i , für die gilt: Der Zeitraum zwischen der aktuellen Simulationsperiode $takt$ und dem notwendigen Eingangstermin der Bestellung in Außenlager j ist

gleich der Gesamtlieferzeit der Artikelklasse i zuzüglich einer Zeiteinheit (Gewicht der für den Zeitpunkt $takt+1$ geplanten Bestellungen des Außenlagers j in Artikelklasse i)

G_3 Summe der Gewichte aller zum Zeitpunkt $takt$ bereits fest disponierten Außenlagerbestellungen für Artikelklassen mit längerer Gesamtlieferzeit als Artikelklasse i , für die gilt: Restlieferzeit der Bestellung ist gleich der Gesamtlieferzeit der Artikelklasse i

G_4 Summe der Gewichte aller zum Zeitpunkt $takt$ bereits fest disponierten Außenlagerbestellungen für Artikelklassen mit längerer Gesamtlieferzeit als Artikelklasse i , für die gilt: Restlieferzeit der Bestellung ist gleich der Gesamtlieferzeit der Artikelklasse i zuzüglich einer Zeiteinheit

B Bestandskostenanstieg bei einer zusätzlichen Lagerung aller in G_2 enthaltenen Bestellmengen um eine ZE

F_k Transportkosten einer Sendung mit dem Gewicht G_k im Sekundärtransport

$GESLZ_{i,j}$ Gesamtlieferzeit für einen Artikel der Artikelklasse i zum Außenlager j

Die Heuristik zur Optimierung der Transportkosten ist in Abb. 4.19 in Form eines Struktogrammes dargestellt. Der Rechenweg bei der Zusammenfassung der einzelnen Außenlagerbestellungen zu möglichst kostengünstigen Sendungseinheiten ist für jede Periode des Simulationszeitraumes identisch. Innerhalb einer bestimmten Simulationsperiode werden sequentiell alle Außenlager (die Empfangsorte der Sendungen) abgearbeitet. Die Prozedur der Sendungsgrößenoptimierung beginnt bei der Artikelklasse mit der längsten Gesamtlieferzeit. Zunächst wird die Gewichtssumme aller in der betrachteten Simulationsperiode zeitkritischen Bestellungen dieser Artikelklasse berechnet. Ebenso ist das Gesamtgewicht derjenigen Bestellungen zu bestimmen, die nach den aktuellen Vorausplanungen des Außenlagers in der folgenden Simulationsperiode ausgelöst werden müssen. Die kumulierten Transportkosten beider Sendungen ergeben die entscheidungsabhängigen Kosten bei unveränderter Auslieferungsstrategie. Demgegenüber wird untersucht, welche Kosten durch ein Vorziehen der für die nächste Simulationsperiode geplanten Bestellungen auf den aktuellen Simulationszeitpunkt entstehen. Zu nennen sind hier die Transportkosten für eine Sendung, die sowohl die zeitkritischen Bestellungen der gegenwärtigen Simulationsperiode als auch die geplanten Bestellungen der Folgeperiode beinhaltet, und die sich aus dem Vorziehen einiger Bestellungen ergebenden zusätzlichen Bestandskosten. Die Sekundäreffekte auf die Bestell-, Fehlmengen- und Primärtransportkosten werden nicht in die Heuristik einbezogen, da sie gegenüber dem Bestands- und Sekundärtransportkostenveränderungen nur eine untergeordnete Bedeutung haben. Läßt sich durch Zusammenfassen der Bestellungen eine Reduktion der entscheidungsabhän-

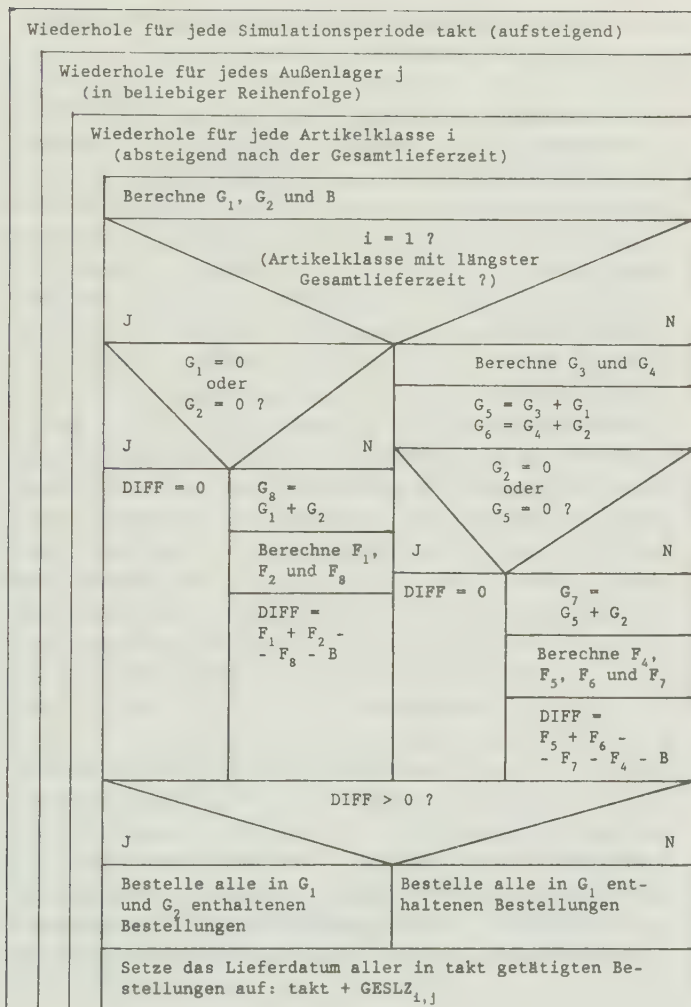


Abb. 4.19: Heuristik zur Optimierung der Sekundärtransportkosten im DRP-System

gigen Kosten erreichen, werden die für die Folgeperiode geplanten Bestellungen vorgezogen.

Alle weiteren Artikelklassen werden in einer nach der kumulierten Wiederbeschaffungszeit absteigenden Reihenfolge betrachtet. Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß für die Artikel mit einer längeren Gesamtlieferzeit bereits fixierte Bestellungen laufen, deren Liefertermine nicht mehr verschoben werden können. Zusätzlich zu den Gesamtgewichten der zeitkritischen ($= G_1$) und der für die Folgeperiode geplanten Bestellungen ($= G_2$) in der betrachteten Artikelklasse sind daher die Gesamtgewichte aller fixierten Bestellungen in anderen Artikelklassen zu ermitteln, deren Restlieferzeit der Gesamtlieferzeit der betrachteten Artikelklasse entspricht ($= G_3$) oder diese um eine Periode überschreitet ($= G_4$). Die entscheidungsabhängigen Kosten bei unveränderter Auslieferungsstrategie berechnen sich als Summe der Transportkosten für zwei Sendungen mit den Gewichten $G_5 = G_3 + G_1$ und $G_6 = G_4 + G_2$. Werden die für die Folgeperiode geplanten Bestellungen vorgezogen, lauten die neuen Sendungsgewichte $G_7 = G_5 + G_2$ und G_4 ; die entscheidungsabhängigen Gesamtkosten dieser Strategie belaufen sich auf die Summe der Transportkosten für die beiden Sendungen mit entsprechend modifizierten Sendungsgewichten und der induzierten zusätzlichen Bestandskosten. Es gilt weiterhin die Entscheidungsregel, daß nur bei einer absehbaren Reduzierung der entscheidungsabhängigen Gesamtkosten eine Umdisposition der geplanten Bestellungen erfolgt.

4.3.6.2 Bewertung des modifizierten DRP-Systems

Das Simulationsmodell gemäß Abschnitt 4.3.5.3 wurde um die Heuristik zur Optimierung der Transportkosten erweitert und programmiert. Die Simulationsergebnisse sind ausführlich im Anhang B dargestellt¹. Die entscheidungsabhängigen Kosten für das klassische Dispositionsverfahren (System 93), das DRP-System und das um die Heuristik zur Transportkostenoptimierung modifizierte DRP-System können der Tabelle 4.20, die jeweiligen Ist-Lieferbereitschaften der Tabelle 4.21 entnommen werden.

Es zeigt sich, daß durch die Heuristik zur Optimierung der Transportkosten gegenüber dem DRP-System aus Abschnitt 4.3.5 erhebliche Einsparungen bei den Sekundärtransportkosten erzielt werden konnten. Die Ersparnis beträgt 11.753 GE/AP oder 11,37 %. Die mittlere Zahl der Sendungen, die ein Außenlager in einer Abrechnungsperiode empfängt, wurde von 228 auf 166,5 gesenkt (- 27 %). Das mittlere Sendungsgewicht im Sekundärtransport stieg von 438,6 kg auf 600,6 kg (+ 36,9 %).

Der Anstieg der Außenlager-Bestandskosten ist deutlich zu erkennen (+ 5.842 GE/AP), aber um die Hälfte geringer als die Einsparung bei den Sekundärtransportkosten. Auch die Bestell- und Fehlmengenkosten nehmen aus den genannten Gründen ab. Ihre Veränderung beeinflußt jedoch im Vergleich zu den Sekundärtransport- und Bestandskosten die entscheidungsabhängigen Gesamtkosten nur zweitrangig.

¹ Vgl. S. 320 ff.; das modifizierte DRP-System wird im Anhang als "System 8" bezeichnet.

System		93	DRP	DRP mit Transport- kosten- optim.- heuristik	Differenz		Differenz	
Kosten (GE/AP)		(klass. Dis- positions- verfahren)			mod. DRP - DRP (GE/AP)	(Z)	mod. DRP - 93 (GE/AP)	(Z)
Bestands- kosten	AL	23.999	26.568	32.410	+5.842	+21,99	+8.411	+35,05
	ZL	14.817	0	0	0	0	-14.817	-100,00
Bestell- kosten	AL	19.490	19.530	18.510	-1.020	-5,22	-980	-5,03
	ZL	7.820	12.430	12.090	-340	-2,74	+4.270	+54,60
Kommissionier- und Handling- mehrkosten		6.860	0	0	0	0	-6.860	-100,00
Fehlmenge- kosten		9.206	4.958	2.886	-2.072	-41,79	-6.320	-68,65
Transport- kosten	primär	61.133	63.124	62.429	-695	-1,10	+1.296	+2,12
	sekundär	103.214	103.378	91.625	-11.753	-11,37	-11.589	-11,23
entscheidungsab- hängige Gesamtkosten		246.539	229.988	219.949	-10.039	-4,37	-26.590	-10,79

Tab. 4.20: Gegenüberstellung der entscheidungsabhängigen Kosten für das klassische Dispositionsverfahren, das DRP-System und das um die Heuristik zur Transportkostenoptimierung erweiterte DRP-System

System Ist-Liefer- bereitschaften (%)		93 (klass. Dis- positions- verfahren)	DRP	DRP mit Transport- kosten- optimierungs- heuristik
Artikel- klasse	1	99,28	99,63	99,79
	2	99,58	99,58	99,78
	3	98,90	99,41	99,50
Gesamt		99,30	99,61	99,78

Tab. 4.21: Gegenüberstellung der Ist-Lieferbereitschaften für das klassische Dispositionsverfahren, das DRP-System und das um die Heuristik zur Transportkostenoptimierung erweiterte DRP-System

Insgesamt konnten durch den Einsatz der Heuristik zur Optimierung der Transportkosten die Gesamtkosten um nochmals 4,4 % gesenkt werden, so daß sich bei verbesserten Ist-Lieferbereitschaften (vgl. Tab. 4.21) eine Gesamtkostenersparnis gegenüber dem klassischen Dispositionsverfahren von 10,8 % ergibt.

4.3.7 Zusammenfassung

Die Bestandsdisposition in mehrstufigen Distributionssystemen kann durch den Einsatz neuerer Verfahren wie das DRP-System oder die Methode der "fair sha-

res" entscheidend verbessert werden. Es wurde gezeigt, daß beide genannten Verfahren die für die klassischen Methoden der Bestandsdisposition geltenden Kritikpunkte¹ vermeiden.

Die Frage nach der Optimalität eines der modernen Verfahren kann allerdings nicht allgemeingültig, sondern nur unter Einbeziehung der konkreten Umweltfaktoren² für einen spezifischen Anwendungsfall entschieden werden.³ Da es i. d. R. zu aufwendig sein wird, alternative Verfahren der Bestandsdisposition am Realsystem zu testen, bietet sich das Hilfsmittel der Simulation an, um anhand von Modellexperimenten die fallbezogene Dominanz eines Verfahrens abzuleiten. Für ein fiktives Distributionssystem konnten erhebliche Kosteneinsparungen durch den Einsatz eines DRP-Systems, erweitert um eine Heuristik zur Optimierung der Sekundärtransportkosten, nachgewiesen werden. Aufgabe des Fallbeispiels war es aber nicht, in allgemeingültiger Form die Anwendungsvorteile von DRP-Systemen aufzuzeigen, sondern den Einsatz der Simulationstechnik bei der methodischen Auswahl von Verfahren zur Bestandsdisposition zu demonstrieren.

Für praxisbezogene Anwendungen muß beachtet werden, daß die Simulation keine Entscheidungsalternativen liefert. Diese müssen von Fachleuten entwickelt und definiert werden. Die Heuristik zur Optimierung der Transportkosten mag als Beispiel dafür dienen, daß die modernen Verfahren der Bestandsdisposition keine

¹ Vgl. Abschnitt 2.1.1 dieser Arbeit, S. 23 ff.

² Vgl. Hanssmann, F., Einführung in die Systemforschung, a. a. O., S. 70 ff.

³ Vgl. Abschnitt 4.3.1 dieser Arbeit.

in sich abgeschlossenen Systeme von Entscheidungsregeln darstellen, die gemeinsam und unverändert implementiert werden können. Vielmehr sollten sie als grundlegende Denkansätze verstanden werden, die erweiterungsfähig sind und an die konkreten Umstände des Einzelfalles angepaßt werden müssen. Das Instrument "Simulation" kann dann zur Bewertung der so ermittelten Entscheidungsalternativen eingesetzt werden.

5. Entwicklung einer logistischen Konzeption für den Aufbau eines computergestützten Sortimentsmanagementsystems

5.1 Vorbemerkungen

Bei den im vierten Abschnitt dieser Arbeit behandelten modernen Verfahren der Bestandsdisposition standen Entscheidungen über die Bestellzeitpunkte, die Bestellmengen und die Bestandsallokation im Mittelpunkt der Betrachtung. Alle diese Entscheidungen zeichnen sich durch ihren operativen Charakter aus. Sie sind im hierarchischen Modell des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagementsystems auf der Ebene 3 einzuordnen (vgl. Abb. 3.5)¹ und damit der transaktionsorientierten Ebene 4 unmittelbar vorgelegt. Die auf höheren Entscheidungsebenen getroffenen strategischen und taktischen Spezifikationen zur Sortiments- und Distributionsstruktur fließen in die Bestandsdisposition als Rahmenbedingungen ein, die selbst nicht mehr beeinflusst werden können. In diesem Zusammenhang sind vor allem

- die Gestaltung der physischen Distributionsstruktur innerhalb der logistischen Konfigurationsplanung,
- die qualitative Bestimmung des Sortimentsinhaltes²,

¹ Vgl. S. 62.

² Vgl. Hansen, U./ Algermissen, J., Handelsbetriebslehre 2, Göttingen 1979, S. 338; Algermissen, J., Der Handelsbetrieb - Eine typologische Studie aus absatzwirtschaftlicher Sicht, Frankfurt am Main 1976, S. 164.

- die quantitative Festlegung der Sortimentsdimension (Sortimentsbreite und -tiefe)¹ und
- die Vorgabe von Lagerorten für die einzelnen Artikel, einhergehend mit der Strukturierung des gesamten Sortiments nach logistischen Kriterien, durch das logistische Sortimentsmanagement in Abstimmung mit dem Vertriebsmanagement

zu nennen.

Der vorliegende Abschnitt befaßt sich mit den beiden letztgenannten Entscheidungsproblemen. Die Bestimmung der Sortimentsdimension wird dabei unterstützt, indem Vorschläge für eine Eliminierung unwirtschaftlicher Artikel erarbeitet werden.

Eine Analogie zur Bestandsdisposition besteht insofern, als relativ globale Betrachtungen des Sortiments, wie sie z. B. im Bereich der logistischen Konfigurationsplanung für die Quantifizierung und Bewertung der Transportströme zwischen den Lagerorten Verwendung finden, keinen ausreichenden Erkenntnisgewinn erbringen. Ebenso wie bei der Bestandsdisposition ist das Untersuchungsobjekt des logistischen Sortimentsmanagements daher der kleinste identifizierbare Teil des Sortiments.

In Abschnitt 2.1.3² konnte aufgezeigt werden, daß die klassischen umsatzorientierten Methoden der Sor-

¹ Vgl. Hansen, U./ Algermissen, J., Handelsbetriebslehre 2, a. a. O., S. 334 ff.; Algermissen, J., Der Handelsbetrieb - eine typologische Studie aus absatzwirtschaftlicher Sicht, a. a. O., S. 165 ff., Barth, K., Betriebswirtschaftslehre des Handels, Wiesbaden 1988, S. 167 f.

² Vgl. S. 34 ff.

timentssteuerung in Großhandelsbetrieben nicht oder nur in unzureichendem Maße geeignet sind, logistische Sortimentsentscheidungen zu unterstützen. Nachfolgend soll eine Konzeption für das logistische Sortimentsmanagement entwickelt werden, die sich durch

- eine detaillierte Betrachtung des einzelnen Artikels und der von diesem verursachten Logistikkosten,
- eine Strukturierung des gesamten Sortimentes nach logistischen Kriterien,
- eine fortlaufende und regelmäßige Überwachung aller Artikel und
- entscheidungsorientierte Alternativrechnungen

auszeichnet.

5.2 Logistische Sortimentsstrukturierung

5.2.1 Verwendbarkeit klassischer Gliederungsansätze

In der Literatur zur Handelsbetriebslehre¹ werden folgende Sortimentsgliederungen unterschieden:

- nach dem Schwerpunkt der Handelstätigkeit in ein Grundsortiment, das den Schwerpunkt der betrieblichen Handelstätigkeit bildet, und ein Rand- oder Zusatzsortiment, das der betrieblichen Nebentätigkeit angehört,

¹ Vgl. Hansen, U./ Algermissen, J., Handelsbetriebslehre 2, a. a. O., S. 336 f.; Barth, K., Betriebswirtschaftslehre des Handels, a. a. O., S. 75 f.

- nach der Funktion der einzelnen Waren im Sortiment in ein Kernsortiment, das auf die Konsumentenzielgruppe abgestimmt ist, und ein Akquisitionssortiment, das aufgrund der lokalen Wettbewerbssituation gehalten wird,
- nach der Zugehörigkeit der Waren im Zeitablauf in ein Standardsortiment, das über längere Zeit unverändert bleibt, und ein Saisonsortiment, das Schwankungen im Zeitablauf unterliegt,
- nach der Warenvorrätigkeit bei Kaufabschluß in ein Lagersortiment, das unmittelbar vorrätig ist, und ein Bestellsortiment, das kundenauftragsbezogen disponiert wird,
- nach Risiko und Dispositionsautonomie des Handelsbetriebes in ein Eigensortiment, das sich im Eigentum des Handelsbetriebes befindet und auf eigene Rechnung verkauft wird, und ein Kommissionssortiment, das im Eigentum des Lieferanten steht und auf dessen Rechnung veräußert wird.

Analysiert man obige Gliederungsansätze im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit für eine logistische Sortimentstrukturierung, ist zu erkennen, daß der Differenzierung zwischen Grund- und Zusatzsortiment sowie zwischen Kern- und Akquisitionssortiment keine wesentliche Bedeutung für die logistische Steuerung zukommt. Ob ein Artikel zum betrieblichen Grund- oder Zusatzsortiment gehört, ist aus logistischer Sicht irrelevant, solange für die Bewertung der Logistikkosten artikelspezifische Kostensätze und nicht globale Durchschnittswerte herangezogen werden. Letztere könnten bei einer stark voneinander abweichenden Inanspruchnahme der Lager- und Hand-

lingkapazitäten durch die Artikel des Grund- und Zusatzsortiments zu einer Falschausweisung der betrieblichen Kosten führen. Das in den Abschnitten 5.4 und 5.5¹ vorgeschlagene Sortimentssteuerungs- und -überwachungssystem ist aber gerade durch die weitgehende Verwendung artikelbezogener Kostenwerte gekennzeichnet, so daß auf die Unterscheidung zwischen Grund- und Zusatzsortiment verzichtet werden kann.

Die Differenzierung nach einem Kern- und einem Akquisitionssortiment erscheint für Zwecke der logistischen Steuerung zu grob. Dem Akquisitionssortiment können sowohl Artikel angehören, die infolge lokaler Marktgegebenheiten nur in ausgewählten Ausenlägern gehalten werden, als auch Artikel, die zur "Abrundung" der Preisliste dienen und wegen ihrer schwachen und unregelmäßig verteilten Nachfrage zu zentraler Lagerhaltung tendieren.

Den drei weiteren klassischen Gliederungsansätzen muß jedoch auch bei der logistischen Sortimentseinteilung Rechnung getragen werden. Eine Gleichbehandlung des Standard- und des Saisonsortiments verbietet sich, da das Saisonsortiment starken Nachfrageschwankungen unterliegt, nach anderen Regeln disponiert wird als das Standardsortiment und im Zeitablauf andere Kostenstrukturen aufweist. Eine Beurteilung des Saisonsortiments am Ende einer nachfrageschwachen Periode würde völlig andere Resultate erbringen als am Ende einer besonders nachfrageintensiven Periode. Der Großhändler kann i. d. R. die Nachfrageschwankungen nicht in vollem Umfang an die Lieferanten weitergeben und ist deshalb gezwungen,

¹ Vgl. S. 207 ff.

vor Beginn der Saison eigene Lagerbestände aufzubauen, denen zu diesem Zeitpunkt keine oder nur geringfügige Erlöse gegenüberstehen. Eine jetzt stattfindende Sortimentsauswertung würde die Saisonartikel verfahrensbedingt besonders negativ beurteilen. Saisonartikel sollten daher nicht in festen zeitlichen Intervallen (z. B. halbjährlich), sondern zu ausgewählten, am individuellen Saisonverlauf angepaßten Zeitpunkten (z. B. am Ende eines Saisonzyklus) analysiert werden.

Die Unterscheidung zwischen einem Lager- und einem Bestellsortiment ist auch aus logistischer Sicht von besonderer Bedeutung, da bei kundenauftragsbezogener Nachdisposition in den Lägern, die für diese Artikel im physischen Distributionsfluß nur die Funktion von Umschlagsstellen übernehmen, keine Lagerkosten anfallen. Stattdessen können im gesamten Distributionssystem andere Kostenarten ansteigen, z. B. durch den auftragsbezogenen Nachschub induzierte zusätzliche Handlingkosten. Es ist anzumerken, daß der Differenzierung zwischen Lager- und Bestellsortiment keine allgemeingültige, sondern eine relative Bedeutung in Bezug auf den jeweiligen Lagerort zukommt. Während ein Artikel in einem Außenlager zum Bestellsortiment zählt, kann er in einem anderen Außenlager zu den regulären Lagerartikeln gehören. Unterschieden werden sollte weiterhin, ob ein Artikel nur aus regionaler Sicht als Bestellartikel geführt wird und von einem Zentrallager bezogen werden kann, oder ob im gesamten Distributionssystem keine Lagerung erfolgt und Kundenaufträge über diesen Artikel in jedem Fall Lieferantenbestellungen auslösen.

Bei der Einteilung in ein Eigen- und ein Kommissionssortiment kann das Eigensortiment als "Normal-

fall" angesehen werden. Aus logistischer Sicht ist zu beachten, daß für die Artikel des Kommissionssortiments keine Kapitalbindungskosten anfallen. Kommissionsartikel sind zudem weniger risikobehaftet als Eigenartikel, da sie bei unbefriedigender Nachfrageentwicklung an die Lieferanten zurückgegeben werden können. Das Führen von Kommissionssortimenten muß allerdings als eine einzelhandelstypische Form der Sortimentspolitik aufgefaßt werden, so daß eine explizite Berücksichtigung im Rahmen des logistischen Sortimentsmanagements für Großhandelsbetriebe unterbleiben kann.

5.2.2 Konzeption eines logistischen Strukturierungsansatzes

5.2.2.1 Beschreibung des physischen Distributionssystems

Die Strukturierung des Sortiments nach logistischen Kriterien ist untrennbar verbunden mit der Gestaltung des physischen Distributionssystems. Aus diesem Grund wird zunächst ein typisches mehrstufiges Distributionssystem anhand der interlokalen Transportströme beschrieben, das als Ausgangsbasis für die Entwicklung einer logistischen Sortimentsgliederung dienen soll.

In Abb. 5.1 ist ein typisches Distributionssystem für die Bundesrepublik Deutschland mit den jeweiligen Primär- und Sekundärtransportrelationen dargestellt. Quelle des Warenflusses sind zwei Lieferanten L_1 und L_2 , die das Zentrallager ZL und die Außenlager AL_1 , AL_2 und AL_3 direkt beliefern. Es sei angenommen, daß im Rahmen der logistischen Konfigurati-

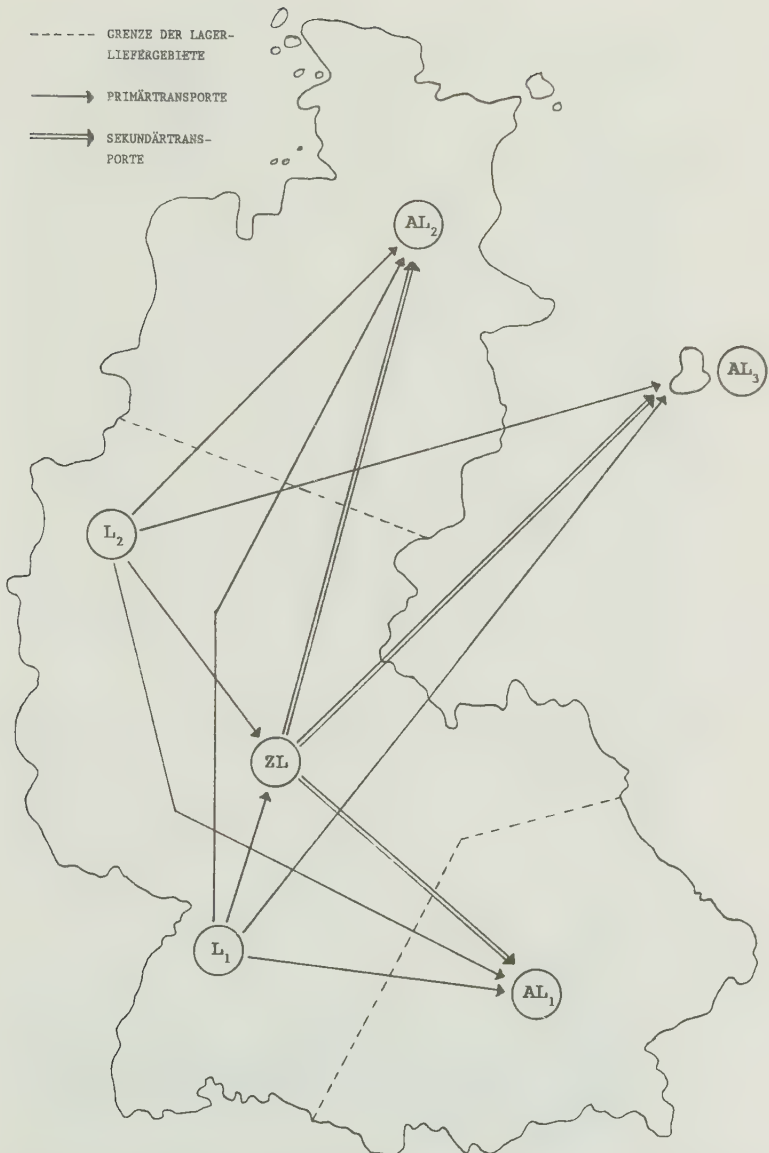


Abb. 5.1: Primär- und Sekundärtransportrelationen in einem typischen Großhandels-Distributionssystem

onsplanung die Anzahl der Läger, ihre Standorte und Liefergebietsgrenzen bereits optimiert wurden.

Abb. 5.2 zeigt die Tertiärtransportrelationen. Jedes Lager verfügt innerhalb seines Liefergebietes über ein direktes Einzugsgebiet, das unmittelbar vom Lager aus bedient wird. Zur Reduzierung der Tertiärtransportkosten wurden für die Belieferung weiter entfernter Kunden zusätzliche Umschlagspunkte eingeführt, die eine Zusammenfassung der täglichen Kundensendungen über die Transportstrecke vom Lager zum Umschlagspunkt (UP) erlauben. Auch die Anzahl und Standorte der Umschlagspunkte sowie die Abgrenzungen ihrer Liefergebiete und der direkten Einzugsgebiete der Läger seien bereits bei Einhaltung der vorgegebenen Lieferservicerestriktionen in kostenoptimaler Weise festgelegt. Durch die Interdependenzen zwischen den verschiedenen Distributionsstufen entstehen komplexe Optimierungsprobleme, die nur durch den Einsatz computergestützter quantitativer Algorithmen und Heuristiken befriedigend gelöst werden können.¹

Die wichtigsten Einflußgrößen zur Berechnung der Transportkosten sind die Transportentfernungen und die Transportmengen, gemessen in Gewichts- oder Volumeneinheiten, und deren Verteilung auf einzelne Sendungen. Für die logistische Konfigurationsplanung ist es daher i. d. R. ausreichend, die Sortimentierungsgrade der Läger nur insoweit zu quantifizieren, als es zur Bestimmung der Transportströme erforder-

¹ Vgl. Diruf, G., Computergestützte Planung kostenoptimaler logistischer Systeme für Unternehmen ohne eigenen Fuhrpark, a. a. O., S. 1 ff.; Dandl, E., Die Modellierung verkehrsbetrieblicher Transporte in computergestützten Distributionsplanungssystemen, a. a. O., S. 1 ff.; Barth, K., Betriebswirtschaftslehre des Handels, a. a. O., S. 305.

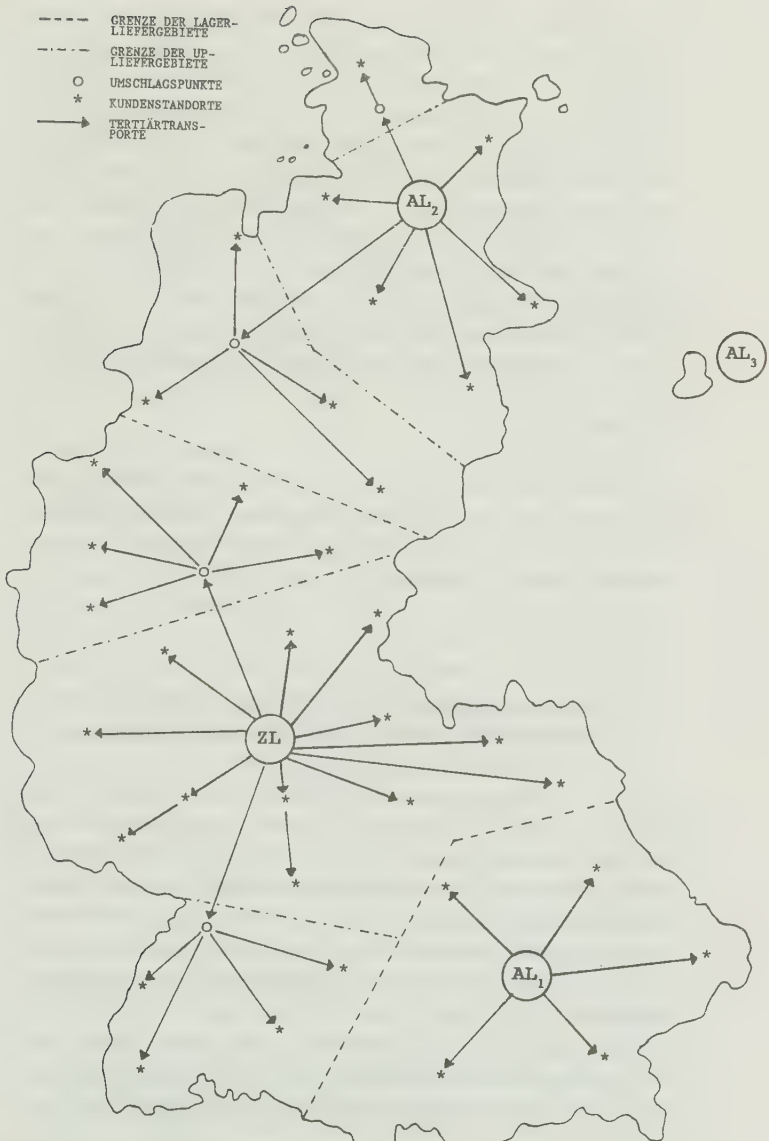


Abb. 5.2: Tertiärtransportrelationen in einem typischen Großhandels-Distributionssystem

lich scheint. Setzt man den Realisierungszeitraum von strategischen Umgestaltungen des Distributionsystems (oft mehrere Jahre) in Bezug zur durchschnittlichen Lebensdauer eines Sortiments (ebenfalls oft mehrere Jahre oder kürzer), wird deutlich, daß artikelbezogene Daten schon aus diesem Grund für Planungsrechnungen zur Gestaltung der physischen Distributionsstruktur ungeeignet sind. Solange die auf die jeweilige Transportrelation bezogenen Zulieferungsanteile des Lagerdurchsatzes mittels grober Sortimentsmodelle getrennt für jedes Lager abgeschätzt werden können, ist eine tiefergehende Analyse der Bestimmungsgründe dieser Zulieferungen nicht erforderlich.

Im Rahmen des logistischen Sortimentsmanagements, das als Feinsteuerung der Lagersortimentierung angesehen werden kann, ist eine bis auf die kleinste Einheit hinabreichende Zerlegung des Sortiments dagegen unerlässlich.

5.2.2.2 Sortimentsgliederung nach den Kriterien "Zugehörigkeit im Zeitablauf" und "Warenvor-rätigkeit bei Kaufabschluß"

Wie in Abschnitt 5.2.1 dieser Arbeit ausgeführt, muß bei der Untergliederung des Sortiments nach logistischen Kriterien den klassischen Strukturierungsansätzen "Zugehörigkeit im Zeitablauf" und "Warenvor-rätigkeit bei Kaufabschluß" Rechnung getragen werden. Das erstgenannte Kriterium ist durch das Kaufverhalten der Kunden bedingt und kann durch Maßnahmen der logistischen Steuerung nicht beeinflußt werden. Dessen ungeachtet muß jeder Artikel als dem Standard- oder Saisonsortiment zugehörig gekenn-

zeichnet werden, um eine Falschbehandlung bei Sortimentsauswertungen auszuschließen.

Die Steuerung der Warenlagerung dagegen ist das eigentliche Gestaltungsfeld der logistischen Sortimentspolitik. Da die Bestimmungsgründe für eine zentrale oder dezentrale Lagerung oder für den Verzicht auf Eigenlagerung aber vielschichtiger Natur sein können, ist eine bloße Differenzierung zwischen einem Lager- und einem Bestellsortiment für Zwecke der logistischen Steuerung nicht ausreichend. Zur Unterteilung des Lagersortiments wird folgende Gliederung vorgeschlagen:

- (1) Basissortiment
- (2) lokale Sortimente
- (3) zentrales Sortiment

zu (1):

Das Basissortiment beinhaltet Artikel, die an allen Lagerorten vorrätig gehalten werden. Für diesen Sortimentsteil wird systemweit der beste Lieferservice gewährt. Zu dem Basissortiment zählen Artikel, die in allen regionalen Marktgebieten zu den "Rennern" gehören und deshalb aus Kostengründen dezentral gelagert werden¹ oder deren Bevorratung an allen Lagerstandorten wegen der überregionalen Wettbewerbssituation geboten erscheint. Auch Artikel mit einer stark komplementären Nachfrage zu umsatzmäßigen Schnellläufern gehören zum Basissortiment (sogenannte "Set"-Artikel, z. B. die Sockelblende zu einem nachfrageintensiven Küchenblock), da die verzögerte Lie-

¹ Vgl. Ballou, R. H., Improved Stock Location in the Physical Distribution Channel, in: International Journal of Physical Distribution, Vol. 3, 1973, S. 332.

ferung dieser Artikel u. U. den Verkauf des gesamten Sets verhindern kann.

zu (2):

Sowohl das Zentrallager als auch jedes Außenlager können zusätzlich zum Basissortiment ein lagerort-spezifisches lokales Sortiment führen. Bei Lokalsortimenten muß zwischen drei Sortimentsteilen unterschieden werden: den Kundensortimenten, den aus Kostengründen und den wegen der regionalen Konkurrenzsituation dezentral gelagerten Artikeln. Unter Kundensorten sind Artikel zu verstehen, die speziellen Kundenwünschen entsprechen und deren Absatz deshalb an Bestellungen weniger Kunden gebunden ist. Da ein Verkauf an andere Kunden nicht möglich ist, ist es effizient, diese Artikel so nahe wie möglich an den bekannten Zielorten der Auslieferungstransporte zu lagern. Bei zentralisierter Lagerung der Kundensorten müßten zusätzliche Transport- und Handlingkosten durch die Unterbrechung des durchgängigen Transports von den Lieferanten zu den Auslieferungslägern bei sich gleichzeitig verschlechterndem Lieferservice in Kauf genommen werden.

Aus Kostengründen empfiehlt es sich immer dann, einen nicht zum Basissortiment gehörenden Artikel in ein Lokalsortiment aufzunehmen, wenn die regionale Nachfrage nach diesem Artikel deutlich größer ist als an anderen Lagerstandorten. Der Unterschied zu einer Kundensorte besteht darin, daß der Absatz nicht auf wenige Kunden beschränkt ist, sondern sich auf viele große und kleine Abnehmer verteilt. Auch andere kostenwirksame Merkmale eines Artikels wie z. B. eine hohe mittlere Zahl von Zugriffen pro Auftrag können für eine dezentrale Lagerung sprechen. In jedem Fall ist eine exakte Analyse der entschei-

dungsrelevanten Kosten vorzunehmen, um die Entscheidung über die Aufnahme eines Artikels in ein Lokalsortiment oder seine Entfernung treffen zu können.

zu (3):

Als "zentrales Sortiment" seien Artikel bezeichnet, die im Zentrallager mit der Absicht gelagert werden, die Bestandsversorgung für diejenigen Außenlager sicherzustellen, bei denen eine Eigenlagerung nicht wirtschaftlich ist. Für eine Zentralisierung eignen sich insbesondere nachfrageschwächere Artikel, da hier eine deutliche Reduktion der Lagerbestände im gesamten Distributionssystem erwartet werden kann¹. Zudem kann sich durch die große Zahl der Artikel mit geringem Absatzvolumen (in der Praxis findet sich oft die klassische 80/20-Regel, d. h. ca. 80 % der Absatztonnage entfallen auf ca. 20 % der Artikel) der Einsatz aufwendiger technischer Systeme (z. B. Kommissionierautomaten) im Zentrallager lohnen, der auf dezentraler Ebene nicht zu rechtfertigen wäre. Aus Sicht der Außenlager ist das zentrale Sortiment ein Bestellsortiment, da vorhandene Kundenaufträge nicht aus dem eigenen Lagerbestand befriedigt werden können, sondern an das Zentrallager weitergeleitet werden müssen. Zur Abgrenzung von dem "echten" Bestellsortiment, bei dem im gesamten Distributionssystem keine Eigenlagerung stattfindet, wird nachfolgend nur der Begriff "zentrales Sortiment" verwendet.

Neben dem bisher betrachteten Lagersortiment sollte aus Sicht der Logistik auch das Bestellsortiment

¹ Vgl. Ballou, R. H., Improved Stock Location in the Physical Distribution Channel, a. a. O., S. 332.

weiter differenziert werden. Nach der Funktion des Großhändlers im physischen Distributionsfluß kann in

- (1) ein Streckensortiment und
- (2) ein Rampensortiment

unterteilt werden.

zu (1):

Bei Streckengeschäften übernimmt der Großhändler nur eine Akquisitionsfunktion. Die Aufgaben der physischen Distribution werden von den Lieferanten erfüllt. Der in der Regel lagerhaltende Großhandelsbetrieb führt dann Streckengeschäfte durch, wenn bei Großabnehmern, von denen ein starker Druck auf die Angebotspreise ausgeht, die Kosten im Zusammenhang mit der Warenbewegung minimiert werden müssen, um nach Absprache mit dem Produzenten die Chancen für die Auftragsgewinnung zu verbessern.¹ Streckenartikel können daher als kundenbezogene Sorten angesehen werden.

zu (2):

Das Streckengeschäft birgt für den Großhändler die Gefahr der Ausschaltung, da Lieferant und Kunde in direkten Kontakt zueinander treten. Um diesem Risiko zu begegnen, übernimmt der Großhändler bei Rampengeschäften einen Teil der Transportfunktion. Nach kundenauftragsbezogener Anlieferung des Lieferanten wird die Ware auf der Rampe des Großhandelsbetriebes umgeschlagen und kommt in den normalen Fahrzeugen des Großhändlers zur Auslieferung. Ein direkter Kontakt zwischen Lieferant und Kunde wird damit unterbunden.

¹ Vgl. Barth, K., Betriebswirtschaftslehre des Handels, a. a. O., S. 107.

Neben dem streckennahen Rampengeschäft sollen auch solche Artikel als zum Rampengeschäft gehörig betrachtet werden, die aus akquisitorischen Gründen zur Abrundung und Vervollständigung der Preisliste geführt werden, deren Aufnahme in das zentrale Sortiment aber aus Kostengründen unterbleibt und die deshalb fallweise von den Lieferanten zugeliefert werden. Für den nachfragestarken Teil des Rampensortiments besteht somit eine inhaltliche Nähe zum Streckensortiment, für den nachfrageschwachen Teil zum zentralen Sortiment.

Abb. 5.3 stellt die Einteilung des Sortiments nach den Kriterien "Warenvorrätigkeit bei Kaufabschluß" und "Zugehörigkeit im Zeitablauf" dar.

5.2.2.3 Darstellung des Distributionsflusses unter Verwendung des logistischen Strukturierungsansatzes

Aus Abb. 5.4 ist der Distributionsfluss von den Lieferanten zu den Kunden, aufgeschlüsselt nach einzelnen Sortimentsteilen, ersichtlich. Um eine exakte Verfolgung der Warenströme zu gewährleisten, ist das Zentrallager in die Bereiche "Lager", "Kommissionieren" und "Rampe", jedes Außenlager in die Bereiche "Lager", "Kommissionieren", "Komplettieren" und "Rampe" untergliedert. Die mit Ziffern versehenen Pfeile in Abb. 5.4 bezeichnen einzelne Warenströme, die nachfolgend detailliert beschrieben werden.

Artikel des Streckensortiments werden im Primärtransport unter Umgehung des physischen Distributionssystems des Großhandelsbetriebes direkt an die Kunden geliefert (1). Beim Rampensortiment findet

Warenverfügbarkeit bei Kaufab- schluß Zugehörig- keit im Zeit- ablauf	Zentralis oder dezentrales Lagerortiment					Bestellsortiment (keine Eigen- lagerung)
	Basis- sortiment (Lagerung in allen Lägern)	Lokale Sortimente (Lagerung in ausgewählten Lägern)			Zentrales Sortiment (Lagerung im Zentral- lager)	
		ZL	AL 1	AL 2	...	AL n
Standardortiment						
Saisonsortiment						

Abb. 5.3: Logistische Sortimentsstrukturierung nach den Kriterien "Warenverfügbarkeit bei Kaufabschluß" und "Zugehörigkeit im Zeitablauf"

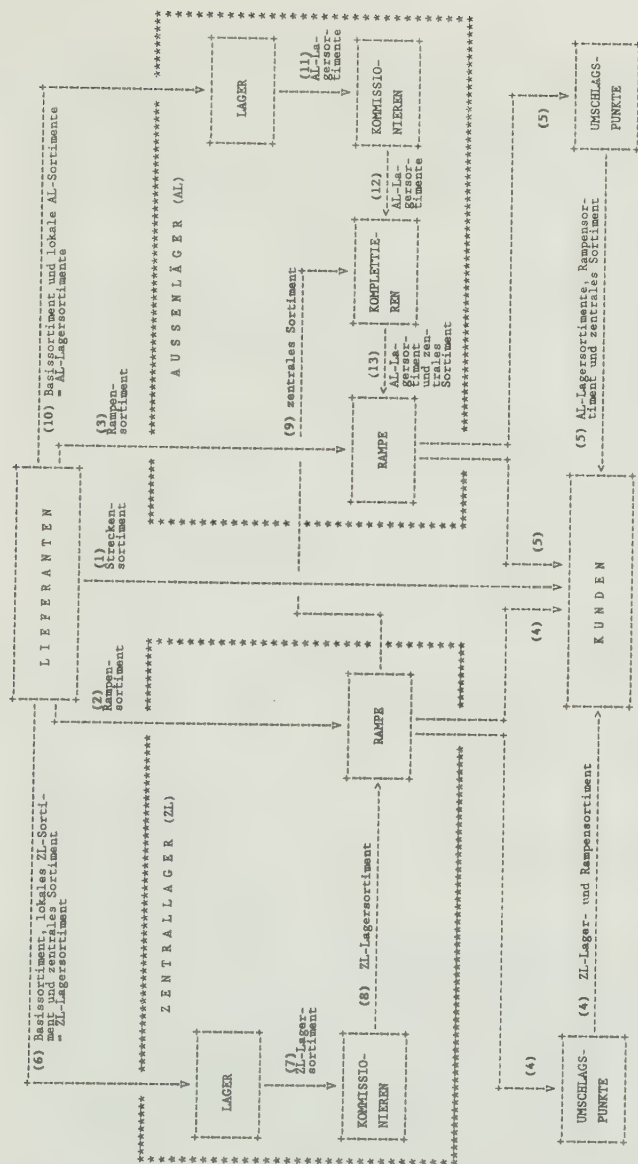


Abb. 5.4: Warenfluß in einem mehrstufigen Distributionssystem unter Verwendung des logistischen Ansatzes zur Sortimentsstrukturierung

ein Umschlagsvorgang im Rampenbereich der Großhandelslager statt (2, 3). Ab dort wird gemeinsam mit dem Lagersortiment ausgeliefert (4, 5). Zur Abgrenzung der Warenströme wird unterstellt, daß für fallweise getätigte Strecken- und Rampengeschäfte ein separater Artikelnummernkreis existiert.

Der Wareneingangs- und Lagerbereich des Zentrallagers wird vom ZL-Lagersortiment, unterteilt in das Basissortiment, das lokale Zentrallagersortiment und das zentrale Sortiment, durchlaufen (6). Die Kommissionierung erfolgt entsprechend der Kundenaufträge im lokalen Liefergebiet (gesamtes ZL-Lagersortiment) oder der von den Außenlagern übermittelten Aufträge mit Artikeln des zentralen Sortiments (7). Nach Passieren des Warenausgangs- und des Rampenbereiches (8) kommen die für das lokale Liefergebiet des Zentrallagers bestimmten Sendungen zusammen mit den Rampenartikeln (2) zur Verteilung, evtl. über Umschlagpunkte (4). Auch die Sekundärtransporte werden durch den Rampenbereich geschleust und treffen im Komplettierbereich der Außenlager auf die kommissionierten Aufträge des AL-Lagersortiments (9).

Artikel der AL-Lagersortimente, bestehend aus dem Basissortiment und den lokalen AL-Sortimenten, werden von den Lieferanten direkt an die Außenlager geliefert (10). Sie durchlaufen dort zunächst den Wareneingangs- und Lagerbereich. Nach kundenauftragsbezogener Kommissionierung (11) werden sie im Komplettierbereich der Außenlager mit den kommissioniert angelieferten Artikeln des zentralen Sortiments zu ganzen Sendungen zusammengefaßt (12) und gelangen schließlich über den Rampenbereich (13) gemeinsam mit den Rampenartikeln zur Auslieferung in die regionalen AL-Liefergebiete (5).

Es fällt auf, daß durch die logistische Strukturierung des Sortiments in Sortimentsteile mit unterschiedlichen Wegen des Warenflusses und die Zerlegung der gesamten Lagerkapazitäten in die Bereiche "Wareneingang und Lagerung", "Kommissionieren", "Komplettieren" und "Warenausgang und Rampe" nunmehr eine detaillierte Ausweisung der Inanspruchnahme einzelner Transport- und Lagerkapazitäten vorgenommen werden kann. Damit ist eine Grundvoraussetzung für eine kostenorientierte Analyse und Gestaltung des Sortiments erfüllt.

5.3 Herleitung einer warenflußorientierten Kosten- gliederung

5.3.1 Entscheidungsprobleme des logistischen Sorti- mentsmanagements

Die Untergliederung der Kosten ist so vorzunehmen, daß für jeden Artikel eine möglichst exakte Quantifizierung der relevanten Kosten bezüglich der logistischen Sortimentsentscheidungen vorgenommen werden kann. Als "relevante Kosten" definieren wir geschätzte zukünftige, noch beeinflussbare, alternativenspezifische Kosten.¹ Zu diesem Zweck ist zunächst eine Diskussion der Entscheidungsprobleme und -alternativen erforderlich.

Aufgabe des logistischen Sortimentsmanagements ist die lagerortspezifische Eingruppierung der Artikel in die Sortimentsklassen in geeigneten zeitlichen Abständen und damit

¹ Vgl. Hummel, S./ Männel, W., Kostenrechnung 1, a. a. O., S. 77 ff.

- (1) die Entscheidung über zentrale oder dezentrale Lagerung und
- (2) die rechtzeitige Erkennung eliminierungsverdächtiger Artikel.

Bei beiden Aufgabenstellungen gehen wir von einer vorhandenen physischen Konfigurationsstruktur aus, wie sie die Abbildungen 5.1 und 5.2 beschreiben.

zu (1):

Für einen Teil des Sortiments ist die Lagerortproblematik nicht relevant, da der physische Distributionsweg weitgehend von den Nachfragern beeinflusst wird. So ist für Artikel des Strecken- und des streckennahen Rampensortiments eine Eigenlagerung i. d. R. nicht in Betracht zu ziehen. Die niedrigen Handelsspannen in diesem Bereich sind mit den durch das Passieren der Großhandelslager verursachten Logistikkosten unvereinbar.

Neben den Artikeln des Strecken- und des streckennahen Rampensortiments gehören auch die Kundensorten der lokalen Sortimente zu den kundenbezogenen Sorten. Infolge ihrer auf spezifische Kunden ausgerichteten Produktmerkmale werden Kundensorten in der Nähe der bekannten Nachfrageorte gelagert. Lagerortalternativen stellen sich somit definitionsgemäß nicht.

Für die nicht-kundenbezogenen Sorten dagegen existieren mehrere Alternativen der Bestandshaltung. In Abbildung 5.5 sind die regelmäßig zu prüfenden Sortimentsteile im Zusammenhang mit dem Zentralisierungsgrad der Lagerung dargestellt. Die Pfeile zwischen den Sortimentsklassen symbolisieren Übergangsrelationen. Eine direkte Umsetzung eines Artikels

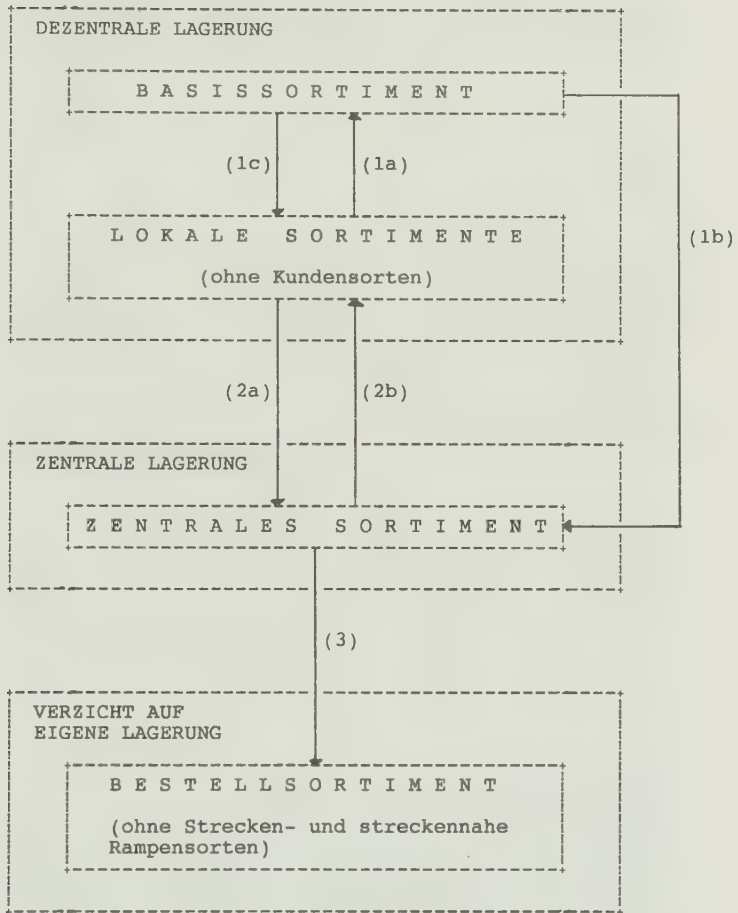


Abb. 5.5: Logistische Entscheidungsprobleme zur Lagerortwahl unter Berücksichtigung der Sortimentsstruktur für nicht-kundenbezogene Sorten

des Basissortiments oder eines lokalen Sortiments in das Bestellsortiment ist in der Praxis ebenso unrealistisch wie die unmittelbare Aufnahme eines Bestellartikels in das Basissortiment. Die Übergänge von dezentraler Lagerung bis zum Verzicht auf Eigenlagerung und umgekehrt vollziehen sich in mehreren Stufen.

Sobald ein Artikel den lokalen Sortimenten aller Läger angehört, zählt er per Definition zum Basissortiment (1a)¹. Das Basissortiment kann als eigenständig ausgewiesene Schnittmenge der Lokalsortimente aufgefaßt werden. Wird für einen Artikel des Basissortiments die unmittelbare Bestandsverfügbarkeit an einem bestimmten Lager nicht mehr für notwendig oder effizient erachtet, geht der Artikel aus Sicht dieses Lagers in das zentrale Sortiment (1b), aus Sicht der übrigen Läger in ihre Lokalsortimente über (1c). Da das Zentrallager mit der Bestandsversorgung der Außenläger und der Distribution in das eigene Liefergebiet eine mehrfache Funktion erfüllt, kann ein Artikel gleichzeitig sowohl zum lokalen Zentrallager-Sortiment als auch zum zentralen Sortiment gehören.

Für einen Artikel des lokalen Sortiments, dessen regionale Nachfrage sich abschwächt, bietet sich zunächst eine zentralisierte Lagerung an, um die aus der dezentralen Bestandsverfügbarkeit resultierenden relativ hohen Bestandskosten zu reduzieren (2a). In umgekehrter Richtung können Artikel, die sich am Anfang ihres Produktlebenszyklus befinden und die zentral gelagert werden, um die regionale Nachfrageentwicklung abzuwarten, in die Lokalsortimente aufge-

¹ Vgl. die Bezeichnung der Übergangsrelationen in Abb. 5.5.

nommen werden, sobald erste abgesicherte Nachfrageprognosen und -schätzungen eine Dezentralisierung erlauben (2b).

zu (2):

Artikel, die dem Ende ihres Lebenszyklus entgegengehen, müssen frühzeitig erkannt werden, damit die noch vorhandenen Lagerbestände durch reguläre Aufträge abgebaut werden und keine Sonderpreisaktionen erforderlich sind. Altbestände sind nicht nur mit dem Risiko der ungewissen Freisetzung des in ihnen gebundenen Kapitals behaftet, sie blockieren auch längerfristig wertvollen Lagerraum. Für die Logistik stellt sich damit die Frage, zu welchem Zeitpunkt Artikel des zentralen Sortiments in das Bestellsortiment übernommen werden sollen (3).

Die Aufgabe der Sortimentsüberwachung mit dem Ziel der Sortimentsbereinigung besteht nicht allein für Artikel, die am Ende ihrer Lebensdauer angelangt sind. Untersuchungen der Rationalisierungs-Gesellschaft des Handels mbH zeigen, daß in der Praxis oft eine breitere Sortimentsgestaltung vorliegt, als selbst unter Berücksichtigung der Interdependenzen im Sortimentsverbund wirtschaftlich vertretbar ist. Fehr und Gossen¹ bemerken: "Wie eine ungebremsste Ausdehnung des Lieferantenkreises, so verursacht auch die Erhöhung der Artikelzahl hohe Kosten: Die Lagerkosten steigen durch höheren Lagerbestand, wogegen die Zahl der Packungen pro Position und Auftrag sinkt, was zu höheren Handlingkosten und zu schlechteren Einkaufskonditionen führt oder führen kann. Durch die üblichen Einkaufsroutinen besteht

¹ Fehr, G./ Gossen, W., Der Einkauf und seine Organisation in Großhandelsbetrieben, Köln 1982, S. 67.

jedoch ein fataler Hang zur wundersamen Artikelvermehrung. Es ist für jeden Einkäufer (und Verkäufer) leichter und selbstverständlicher, neue Artikel in die Listung aufzunehmen, als alte zu streichen." Fontaine¹ ergänzt: "Diese Feststellung - daß die Funktion des Handels gerade darin bestehe, nicht nur einen Artikel, sondern jeweils mehrere "zur Auswahl" zu führen - ist grundsätzlich richtig. Sie führt aber oft zu einer Überschätzung der erforderlichen Sortimentsbreite und zu einer Aufblähung des Angebotes. Diesem Wuchern der Sortimente Einhalt zu gebieten und ihm Grenzen zu setzen, ist auch eine Aufgabe der Kostenrechnung." Die logistischen Kontroll- und Steuerungsverfahren müssen über eine Quantifizierung der individuellen Deckungsbeiträge Artikel identifizieren können, die als Kandidaten für eine Eliminierung aus dem Lagersortiment in Betracht zu ziehen sind.

5.3.2 Kostengliederung

Um die kostenmäßigen Konsequenzen der genannten logistischen Sortimentsentscheidungen aufzeigen zu können, ist eine am physischen Warenfluß orientierte Differenzierung der Kosten vorzunehmen. In Abbildung 5.6 sind, mit Ausnahme der Verwaltungskosten, die Logistikkostenbelastungen der einzelnen Warenströme² dargestellt³:

¹ Fontaine, J. Kostenrechnung und Kalkulation im Großhandel, Köln 1982, S. 21.

² Vgl. auch Abb. 5.4, S. 195.

³ Die Nummerierung entspricht der Bezifferung der Warenströme und Komponenten des Distributionssystems in Abb. 5.6.

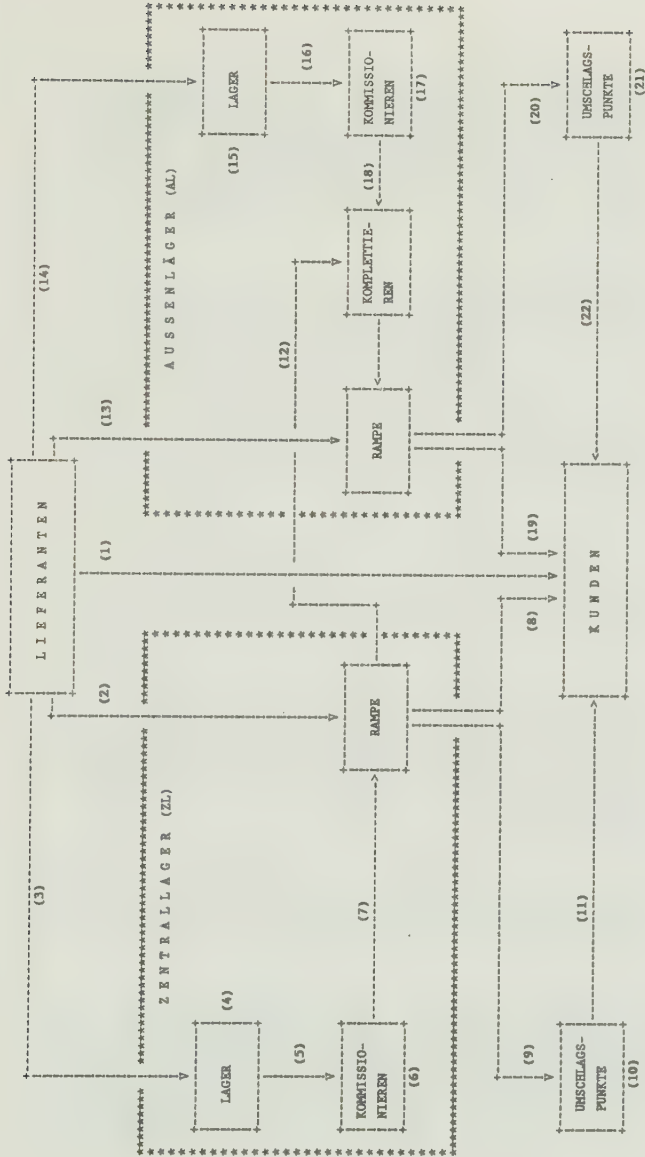


Abb. 5.6: Logistikkostenbelastungen einzelner Sortimentsteile am Beispiel eines mehrstufigen Distributions-systems

- (1) Primärtransportkosten für die kundenauftragsbezogene Auslieferung der Streckenartikel. Die Berücksichtigung dieser Kosten kann unterbleiben, falls sie nicht vom Großhändler getragen werden, sondern dieser für die Vermittlung von Streckengeschäften eine Provision erhält.
- (2) Primärtransportkosten für die kundenauftragsbezogene Anlieferung der Rampensorten an das Zentrallager. Dieser Warenstrom ist zusätzlich mit Umschlagskosten belastet, die in der Umladung von den Transportmitteln der Lieferanten in die Auslieferungsfahrzeuge des Großhändlers begründet sind.
- (3) Primärtransportkosten für die Anlieferung des ZL-Lagersortiments. Im Gegensatz zum nicht-streckennahen Rampensortiment handelt es sich hierbei um vorausdisponierte Bestellungen, oft auch um Sammelbestellungen, so daß relativ hohe Sendungsgewichte erzielt werden. Die Kostenätze im Primärtransport, Kleinsendungen des nicht-streckennahen Rampengeschäftes ausgenommen, sind daher im Vergleich zum Tertiärtransport niedrig.

Das ZL-Lagersortiment ist außerdem mit variablen Kosten des Wareneingangs (Entladung, Warenprüfung und Einlagerung) belastet.

- (4) Bereitschaftskosten zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft des ZL-Lagerbereiches. Zu diesen Kosten zählen sowohl die Fixkosten für die Nutzung der Lagerflächen als auch für die Inanspruchnahme der technischen Systeme bei Ein- und Auslagerungsvorgängen.

- (5) Variable Bestandskosten (kalkulatorische Zinsen für das in Zentrallagerbeständen gebundene Kapital) und eventuelle Lagerplatzmieten in Gestalt tatsächlicher Aufwendungen oder kalkulatorischer Kosten.
- (6) Bereitschaftskosten, die für die Betriebsbereitschaft des Kommissionierbereiches inklusive der dort eingesetzten technischen Systeme (Kommissionierautomaten etc.) anfallen.
- (7) Variable Kommissionier- und Warenausgangskosten für Lagerentnahme, Verpackung, Zusammenstellung der Kundensendungen und Beladung der Fahrzeuge im Sekundär- und Tertiärtransport.
- (8) Tertiärtransportkosten für die Belieferung der Kunden im direkten Einzugsgebiet des Zentrallagers.
- (9) Tertiärtransportkosten für die Belieferung der im Liefergebiet des Zentrallagers lozierten Umschlagspunkte. Die Transportkostensätze bei der Belieferung der Umschlagspunkte sind günstiger als bei der Endauslieferung an die Kunden, da ganze Wagenladungen zur Versendung gelangen.
- (10) Fixkosten der Umschlagspunkte im Liefergebiet des Zentrallagers.
- (11) Variable Umschlagskosten der im Liefergebiet des Zentrallagers gelegenen Umschlagspunkte und Tertiärtransportkosten für die Auslieferung ab Umschlagspunkt.

- (12) Sekundärtransportkosten für die Belieferung der Außenlager mit Artikeln des zentralen Sortiments, variable Komplettierkosten für die Zusammenstellung der vom Zentrallager zugelieferten Artikel mit Artikeln der AL-Lagersortimente zu kompletten Kundensendungen und in den Außenlagern anfallende Umschlagskosten¹ für Artikel des zentralen Sortiments.
- (13) Primärtransportkosten für die kundenauftragsbezogene Anlieferung der Rampensorten an die Außenlager und Umschlagskosten für die Umladung auf den Rampen der Außenlager.
- (14) Primärtransportkosten für die Anlieferung der AL-Lagersortimente und variable Kosten des Wareneingangs.
- (15) Fixkosten zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft der AL-Lagerbereiche.
- (16) Variable Kosten für das in Außenlagerbeständen gebundene Kapital und eventuell variable Lagerraumkosten der Außenlager.
- (17) Bereitschaftskosten der AL-Kommissionierbereiche.
- (18) Variable Kommissionier- und Warenausgangskosten der Außenlager.

¹ Für die AL-Lagersortimente sind die Beladungskosten in den Warenausgangskosten (18) enthalten.

- (19) Tertiärtransportkosten für die Belieferung der Kunden in den direkten Einzugsgebieten der Außenlager.
- (20) Tertiärtransportkosten für die Belieferung der in den Liefergebieten der Außenlager lozierten Umschlagspunkte.
- (21) Fixkosten der Umschlagspunkte in den Liefergebieten der Außenlager.
- (22) Variable Umschlagskosten der in den Liefergebieten der Außenlager gelegenen Umschlagspunkte und Tertiärtransportkosten für die Auslieferung ab Umschlagspunkt.

Tabelle 5.7 listet die wichtigsten Einflußgrößen der relevanten Kostenarten auf.

5.4 Unterstützung von Lagerortentscheidungen

5.4.1 Praxisgerechte Gestaltung des Planungsablaufes

Die Entscheidung, einen bestimmten Artikel zentral oder dezentral zu lagern, ist mit einer mehrfachen Gemeinkostenproblematik verbunden. In der Regel reagieren insbesondere die Sekundärtransportkosten und die für Zentrallagerbestände anfallenden Kapitalbindungs- und Lagerraumkosten nicht proportional, sondern degressiv auf Änderungen der jeweiligen Einflußgrößen. Interdependenzen zwischen einzelnen Lagerortentscheidungen bestehen in einem dreifachen Sinne:

Kostenart	Kosteneinflußgrößen
Transportkosten	Transportmengen, gemessen in Gewichts- oder Volumeneinheiten, und deren Verteilung auf einzelne Sendungen; Transportentfernungen
Wareneingangskosten	Anzahl der eingehenden Lieferungen; Liefermengen, evtl. differenziert nach Verpackungseinheiten
Kapitalbindungskosten	mittlerer Wert der Lagerbestände (Arbeits- und Sicherheitsbestände)
Lagerraumkosten	mittlere Lagerbestände
Kommissionierkosten	Anzahl der Lagerzugriffe, evtl. getrennt nach Zugriffsgrößenklassen
AL-Warenausgangskosten	Warenausgangsmengen im Außenlager (ohne Zentrallager-Zulieferungen)
ZL-Warenausgangskosten	Zulieferungsmengen vom Zentrallager
Komplettierkosten	Anzahl der zu komplettierenden Kundenaufträge; Komplettiermengen
AL-Umschlagskosten	Zulieferungsmengen vom Zentrallager

Tab. 5.7: Einflußgrößen der relevanten Kostenarten

- Die Transportmenge einer bestimmten Sekundärtransportrelation wird gemeinsam durch alle Lagerortentscheidungen bezüglich der in dem betreffenden Außenlager verkauften Artikel determiniert. Eine verursachungsgerechte Zuordnung der Sekundärtransportkosten zu den einzelnen Artikeln ist daher nicht möglich. Der marginale Anstieg der Sekundärtransportkosten bei Dezentralisierung eines weiteren Artikels ist abhängig von der bisherigen Transportmenge, also von den Lagerungsstrategien aller anderen Artikel im selben Außenlager. Auch die Komplettierungskosten sind u. U. nicht proportional zu den Sekundärtransportmengen.
- Der Zentrallagerdurchsatz eines Artikels wird durch die Lagerungsstrategien dieses Artikels in allen Außenlagern bestimmt. Die marginale Änderung der Zentrallagerbestände und der bestandsabhängigen Kosten durch die Zentralisierung oder Dezentralisierung eines Artikels aus Sicht eines bestimmten Außenlagers resultiert aus den Lagerortentscheidungen der anderen Außenlager.
- Bei knappen Zentrallagerkapazitäten ist die außenlagerspezifische Lagerungsstrategie eines Artikels verknüpft mit den Lagerungsstrategien aller anderen Artikel im selben Außenlager sowie desselben und aller anderen Artikel in den übrigen Außenlagern. Im Falle einer zentralen Bestandshaltung dieses Artikels wird ein gewisser Anteil der knappen Zentrallagerkapazität gebunden und steht damit nicht mehr für konkurrierende Verwendungen zur Verfügung.

Die Berücksichtigung der genannten Interdependenzen würde den Einsatz eines äußerst komplexen Simultan-

planungsmodells erfordern. Dies ist aus verschiedenen Gründen nicht operational:

- Infolge der natürlichen Sortimentsdynamik wären die Resultate des Planungsmodells bereits nach kurzer Zeit veraltet. Häufige Neuplanungen in entsprechend geringen zeitlichen Abständen führen aber zu einem Anstieg der mit Revisionen der Lagerorte verbundenen Kosten. Zu nennen sind hier insbesondere die Kosten für die Aktualisierung der Dispositions- und Lagerverwaltungsdaten und die physische Kennzeichnung von Lagerplätzen bei fester Zuordnung zwischen Lagerplätzen und Artikeln.
- Lagerortentscheidungen sollten keinesfalls allein aufgrund von Kostenentwicklungen und -einschätzungen getroffen werden. Die Einbeziehung von Marketingintelligenz ist unerlässlich, da nur auf diesem Wege Informationen über geplante Marketingaktivitäten, mögliche Marktreaktionen auf Lagerortumstellungen und bestehende Sortimentsverbundbeziehungen in den Planungsprozeß Eingang finden. Ein Simultanplanungsmodell setzt aber voraus, daß zu einem festgelegten Planungstermin das gesamte Sortiment durch Marketingexperten beurteilt wird. Es ist unmittelbar einsichtig, daß eine derartige Vorgehensweise bei einem Sortimentsumfang von oft mehreren tausend Artikeln mit den vorhandenen Personalkapazitäten unvereinbar ist.

Wir unterstellen daher eine permanent ablaufende Sortimentskontrolle. Grundlage des Planungsschemas ist die Einteilung des Sortiments in Artikelklassen, die nach Marketingaspekten abgegrenzt sind, damit eventuelle Verbundbeziehungen berücksichtigt werden

können. Die einzelnen Artikelklassen werden nun in jedem Lagerort in sequentieller Reihenfolge von einem Planungsteam kontrolliert, dem sowohl Logistiker als auch lokale Marketingexperten angehören. Der Planungsprozeß kann synchron (d. h. in allen Lagerorten wird zu einem bestimmten Termin dieselbe Artikelgruppe behandelt) oder asynchron erfolgen. Eine Synchronplanung ermöglicht näherungsweise die Einbeziehung der auf die Zentrallagerbestände zurückzuführenden Gemeinkosten. Das Synchronplanungssystem ist zweckmäßigerweise als interaktives System zu konzipieren, das die Konsequenzen der durch das Planungsteam ausgewählten erfolgversprechenden Lagerungsstrategien aufzeigt. Die Vorauswahl der zu bewertenden Lagerungsalternativen bereitet in der Praxis zumeist keine großen Probleme; als Indikatoren für die Lagerortwahl können physische Kriterien wie der Planabsatz oder die geschätzte Zahl der Zugriffe pro Lagerort herangezogen werden. Das Berechnungsschema der relevanten Kosten weicht im Synchronplanungssystem nicht vom Rechenweg bei asynchroner Planung ab, mit der Ausnahme, daß statt der marginalen die gesamten dem Artikel zurechenbaren Zentrallagerkosten bestimmt werden. Abschnitt 5.4.2 dieser Arbeit beschränkt sich daher auf die Erläuterung der Kostenberechnung bei asynchroner Planung.

Wie an anderer Stelle ausgeführt¹, wird im Rahmen der logistischen Konfigurationsplanung ein grobes Sortimentsmodell eingesetzt, damit die Transportströme zwischen den Lägern und die Lagerbestände abgeschätzt werden können. Aufgabe des Planungsteams muß es daher auch sein, die Abstimmung der artikelbezogenen Sortimentsplanung mit den Ergebnissen der

¹ Vgl. S. 186 f.

Konfigurationsplanung durchzuführen, da die vorhandenen Lager- und Transportkapazitäten nur in gewissen Grenzen des Lagerdurchsatzes und der Transportmengen optimal sind. Zeigen sich deutliche Abweichungen von den Resultaten der Konfigurationsplanung, können von den Planungsteams Anstöße zu einer Anpassung der Konfigurationsstruktur ausgehen.

5.4.2 Abschätzung der relevanten Logistikkosten

Um die Planungsteams bei der Entscheidung über zentrale oder dezentrale Bestandsvorhaltung der zur gerade betrachteten Artikelgruppe gehörenden Artikel zu unterstützen, muß das Logistik-Informationssystem entscheidungsrelevante Informationen bereitstellen. Informationsbedarfe bestehen insbesondere hinsichtlich der aus den alternativen Lagerungsstrategien resultierenden Logistikkosten. Da die Artikelklassen sequentiell durchgesehen werden, sind die wichtigsten Kosteneinflußgrößen (Bestände, Zugriffe, Transportmengen etc.) für den Zeitraum abzuschätzen, der dem Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Revisionszeitpunkten entspricht. Während dieses Zeitraumes finden, von Ausnahmefällen abgesehen, keine Änderungen der Lagerungsstrategien statt. Die Bewertung der Lagerungsalternativen sollte somit anhand von Plankosten erfolgen.

Wenn wir von dem in Abschnitt 5.4.1 geschilderten Planungsablauf ausgehen, sind unter dem Begriff "relevante Kosten" die marginalen Kosten zu verstehen, die durch die Lagerungsstrategie des gerade betrachteten Artikels bedingt sind. Für die Beschreibung eines formalen Modells zur Ermittlung der relevanten Kosten verwenden wir nachfolgende Symbolik:

KBEAL	marginale AL-Kapitalbindungskosten bei Lagerung im Außenlager
KBEZL	marginale ZL-Kapitalbindungskosten bei Zulieferung vom Zentrallager
KDEZ	Summe der marginalen Kosten bei Lagerung im Außenlager
KFIX	Artikelfixkosten (insbesondere Verwaltungskosten), die mit der Lagerung des Artikels unabhängig vom Lagerort anfallen
KKMAL	marginale AL-Kommissionierkosten bei Lagerung im Außenlager
KKMZL	marginale ZL-Kommissionierkosten bei Zulieferung vom Zentrallager
KKP	marginale Komplettierkosten bei Zulieferung vom Zentrallager
KLRAL	marginale AL-Lagerraumkosten bei Lagerung im Außenlager
KLRZL	marginale ZL-Lagerraumkosten bei Zulieferung vom Zentrallager
KPTAL	marginale AL-Primärtransportkosten bei Lagerung im Außenlager
KPTZL	marginale ZL-Primärtransportkosten bei Zulieferung vom Zentrallager
KST	marginale Sekundärtransportkosten bei Zulieferung vom Zentrallager
KUM	marginale AL-Umschlagskosten bei Zulieferung vom Zentrallager
KWAAL	marginale AL-Warenausgangskosten bei Lagerung im Außenlager
KWAZL	marginale ZL-Warenausgangskosten bei Zulieferung vom Zentrallager
KWEAL	marginale AL-Wareneingangskosten bei Lagerung im Außenlager
KWEZL	marginale ZL-Wareneingangskosten bei Zulieferung vom Zentrallager
KZEN	Summe der marginalen Kosten bei Zulieferung vom Zentrallager

Für die relevanten Kosten bei zentraler oder dezentraler Lagerung des Artikels gelten die Beziehungen¹:

$$\begin{aligned} \text{KZEN} &= \text{KPTZL} + \text{KWEZL} + \text{KBEZL} + \text{KLRZL} + \text{KKMZL} + \\ &\quad + \text{KWAZL} + \text{KST} + \text{KKP} + \text{KUM} \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} \text{KDEZ} &= \text{KPTAL} + \text{KWEAL} + \text{KBEAL} + \text{KLRAL} + \text{KKMAL} + \\ &\quad + \text{KWAAL} + \text{KFIX} \end{aligned}$$

Bei Organisation der Außenlager als eigenständige Profit-Center wird unter der Voraussetzung, daß jedes Außenlager die Sekundärtransportkosten selber trägt, der Kostenterm $\text{KPTZL} + \text{KWEZL} + \text{KBEZL} + \text{KLRZL} + \text{KKMZL} + \text{KWAZL}$ i. d. R. durch einen Verrechnungspreis ersetzt, der alle Dienstleistungen des Zentrallagers abdeckt.

Zur Quantifizierung der marginalen Kosten müssen die Werte der Kosteneinflußgrößen gemäß Tab. 5.7 geschätzt oder prognostiziert werden. Hier bestehen enge Verknüpfungen zu den Modulen "Absatzplanung und -prognose", "Lagerhaussteuerung und -abwicklung", "Transportsteuerung und -abwicklung" und "innerbetriebliches Rechnungswesen".

Der Rechenweg zur Ermittlung der marginalen Kosten ist abhängig von den konkreten Umständen des Einzelfalles. Allgemeine Rechenvorschriften können daher an dieser Stelle nicht angegeben werden. Stattdessen mag ein stark vereinfachtes Beispiel die Bestimmung der marginalen Kosten verdeutlichen.

¹ Vgl. auch Abb. 5.6.

Annahmen:

Der Planungszeitraum umfasse 250 ZE. Während dieses Zeitraumes werden für den betrachteten Artikel Absatzmengen von 1.000 ME im Liefergebiet des betrachteten Außenlagers und von 5.000 ME in den Liefergebieten des Zentrallagers und der von diesem versorgten Außenlager prognostiziert. Für Schätzungen sowohl der Zentrallager- als auch der Außenlagerbestände des Artikels wurde empirisch der Zusammenhang:

mittlerer Lagerbestand im Planungszeitraum in ME = $0.9 * (\text{Lagerdurchsatz im Planungszeitraum in ME})^{0.7}$

ermittelt. Ebenfalls auf empirischem Wege wurde die Anzahl der im Mittel belegten Palettenstellplätze in Abhängigkeit vom mittleren Lagerbestand bestimmt: Ein Palettenstellplatz wird pro angefangene 250 ME Lagermenge benötigt. Der mittlere Einstandspreis des Artikels wird im Planungszeitraum auf zwei GE/ME geschätzt. Weiterhin gelten die in Tab. 5.8 aufgeführten Kostensätze.

Berechnung der relevanten Kosten:

Im Falle der Eigenlagerung im Außenlager errechnet sich ein mittlerer AL-Bestand von 113.3 ME. Daraus folgen ein mittlerer AL-Bestandswert von 226.6 GE und ein belegter AL-Lagerraum von einem Stellplatz.

Bei Zulieferung des Artikels vom Zentrallager steigt der mittlere ZL-Bestand von 349.6 ME auf 397.1 ME, wodurch sich der mittlere ZL-Lagerwert um 95 GE auf 794.3 GE erhöht. Der benötigte Lagerraum beträgt unverändert zwei Stellplätze.

Kostenart	Kostensatz
Primärtransportkosten vom Lieferanten zum ZL	5 GE / 100 ME Transportmenge
Sekundärtransportkosten vom ZL zum AL	4 GE / 100 ME Transportmenge
Primärtransportkosten vom Lieferanten zum AL	7 GE / 100 ME Transportmenge
Wareneingangskosten ZL	1 GE / 100 ME Liefermenge
Wareneingangskosten AL	1 GE / 100 ME Liefermenge
Kapitalbindungskosten (ZL und AL)	10 % vom mittleren Bestands- wert pro 250 ZE
Lagerraumkosten (ZL und AL)	70 GE pro Palettenstellplatz und 250 ZE
Kommissionierkosten ZL	2 GE / 100 ME Kommissioniermenge
Kommissionierkosten AL	3 GE / 100 ME Kommissioniermenge
Warenausgangskosten ZL	1 GE / 100 ME Zulieferungsmenge
Warenausgangskosten AL	1 GE / 100 ME Warenausgangsmenge
Komplettierkosten	2 GE / 100 ME Komplettiermenge
Umschlagskosten AL	0.5 GE / 100 ME Umschlagsmenge
Artikelfixkosten	10 GE / 250 ZE

Tab. 5.8: Kostensätze der relevanten Kostenarten im Rechenbeispiel

Die relevanten Kosten im Planungszeitraum können nun berechnet werden:

$$\begin{aligned}\text{KZEN} &= 50.0 \text{ GE} + 10.0 \text{ GE} + 9.5 \text{ GE} + 0.0 \text{ GE} + \\ &+ 20.0 \text{ GE} + 10.0 \text{ GE} + 40.0 \text{ GE} + 20.0 \text{ GE} + \\ &+ 5.0 \text{ GE} \\ &= \underline{164.5 \text{ GE}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{KDEZ} &= 70.0 \text{ GE} + 10.0 \text{ GE} + 22.7 \text{ GE} + 70.0 \text{ GE} + \\ &+ 30.0 \text{ GE} + 10.0 \text{ GE} + 10.0 \text{ GE} \\ &= \underline{222.7 \text{ GE}}\end{aligned}$$

Anmerkung:

Dem in diesem Abschnitt beschriebenen Kostenmodell liegt die Annahme zugrunde, daß sich die Marktpräsenz durch eine Zentralisierung des Artikels nicht verändert. Das ist dann der Fall, wenn entweder die Kunden auf steigende Lieferzeiten nicht negativ reagieren oder die Transportverbindungen zwischen dem Zentrallager und den Außenlagern so effizient sind, daß der verlängerte Lieferweg von den Kunden nicht wahrgenommen wird.

Das Modell kann jedoch auf einfache Weise modifiziert werden, damit auch einer verringerten Marktpräsenz beim Verzicht auf dezentrale Lagerung Rechnung getragen wird. Zu diesem Zweck ist die Summe der marginalen Kosten bei Zulieferung vom Zentrallager (KZEN) um Strafkosten zu erweitern. Als Strafkosten können

- entgangene Deckungsbeiträge der Aufträge, die wegen längerer Lieferzeiten voraussichtlich nicht zustande kommen, und

- Kosten von Substitutionsmaßnahmen (z. B. Eiltransporte), die in Einzelfällen die Auftrags- oder Kundenabwanderung verhindern sollen,

angesetzt werden. Die Abschätzung der Strafkosten muß gemeinsam von den Marketing- und Logistikexperten vorgenommen werden.

5.5 Unterstützung von Eliminierungsentscheidungen

5.5.1 Grundgedanken zum Planungsablauf

Im Gegensatz zur Lagerungsstrategie, bei der über den physischen Distributionsfluß der Artikel entschieden wird, befassen wir uns im vorliegenden Abschnitt mit der Fragestellung, ob ein Artikel oder eine Artikelgruppe aus dem Sortiment eliminiert wird oder darin verbleibt. Bei dieser Problematik sind Marktreaktionen und Sortimentsverbundbeziehungen von besonderer Bedeutung. Als Planungsinstanz unterstellen wir daher, wie bei Lagerortentscheidungen, aus Logistik- und Vertriebsexperten bestehende Teams, die jeweils vollständige, nach Marketinggesichtspunkten abgegrenzte Artikelgruppen bearbeiten.

Eliminierungsentscheidungen beeinflussen die Kosten und die Erlöse. Aus diesem Grund wählen wir als Entscheidungskriterium den Gesamtdeckungsbeitrag, bei knappen Kapazitäten den engpaßbezogenen Deckungsbeitrag.¹ Da der engpaßbezogene Deckungsbeitrag auf einfache Weise als Quotient aus dem Gesamtdeckungsbeitrag und dem Kapazitätsverbrauch des Artikels berechnet werden kann, beschränken wir uns nachfolgend

¹ Vgl. Hummel, S./ Männel, W., Kostenrechnung 2, Wiesbaden 1978, S. 65.

auf die Ermittlung der Gesamtdeckungsbeiträge. Es ist zu empfehlen, neben den Deckungsbeiträgen physische Größen, z. B. den durch die Eliminierung eines Artikels freiwerdenden Lagerraum, auszuweisen.

Für Sortimentsentscheidungen sind grundsätzlich keine Vergangenheitsdaten, sondern Plandaten innerhalb eines wohl definierten Planungszeitraumes relevant. Zur Kontrolle der Plandaten erscheint es aber sinnvoll, den Planungsteams sowohl die Plan-Deckungsbeiträge der aktuellen Planungsperiode als auch die tatsächlich erzielten Deckungsbeiträge der Vergangenheit zur Verfügung zu stellen.

Da der Rechenweg zur Bestimmung des Deckungsbeitrages eines Artikels von der spezifischen Inanspruchnahme der Lager-, Transport- und Handlingkapazitäten abhängt, unterscheiden wir in erster Linie zwischen dem Bestell- und dem Lagersortiment.

5.5.2 Beurteilung des Bestellsortiments

Streckenartikel berühren die Großhandelslager nicht (abgesehen von mißglückten Streckengeschäften, die wegen Nichtannahme beim Kunden u. a. an den Großhändler weitergeleitet werden). Der Großhändler übernimmt i. d. R. nur die Disposition und die Auftragsabwicklung. Streckenartikel werden ihrem Wesen nach relativ selten zusammen mit anderen Artikeln bestellt, so daß die Auftragsabwicklungskosten in hohem Maße als Einzelkosten angesehen werden können. Abb. 5.9 zeigt die Ermittlung des Deckungsbeitrags für Streckenartikel. Der Rechenweg ist in jedem Lager identisch. Durch Addition aller lagerortbezoge-

nen Deckungsbeiträge kann der Deckungsbeitrag im gesamten Distributionssystem bestimmt werden.

Verkaufserlöse (ohne Umsatzsteuer)	
- Einstandskosten (ohne Vorsteuer)	

= Handelsspanne	
- zurechenbare Dispositions- und	
Auftragsabwicklungskosten	

= Deckungsbeitrag	

Abb. 5.9: Berechnung des Deckungsbeitrags für Streckensorten

Im reinen Streckengeschäft stehen den Deckungsbeiträgen nur die Gemeinkosten des Dispositions- und Auftragsabwicklungssystems gegenüber. Eine Ausweitung des Streckengeschäfts wird wegen der damit verbundenen Ausschaltungsrisiken von den Handelsunternehmen dennoch als sehr problematisch erachtet.

Verkaufserlöse (ohne Umsatzsteuer)	
- Einstandskosten (ohne Vorsteuer)	

= Handelsspanne	
- zurechenbare Umschlagskosten	
- zurechenbare Dispositions- und	
Auftragsabwicklungskosten	
- Einzelkosten im Primär- und Tertiär-	
transport	

= Deckungsbeitrag	

Abb. 5.10: Berechnung des Deckungsbeitrags für Ram-pensorten

Beim Rampensortiment übernimmt der Großhändler auch Transport- und Umschlagsfunktionen (vgl. Abb. 5.10).

Die Ermittlung der Transporteinzelkosten ist abhängig davon, ob die Transporte mit eigenem Fuhrpark oder durch Fremdunternehmer ausgeführt werden. Bei eigenem Fuhrpark entfallen durch die Eliminierung eines Artikels die Kundenanfahrten und die entsprechenden weg- und zeitabhängigen Kosten für Aufträge, die als einzige Position den betrachteten Artikel beinhalten. Umfasst ein Auftrag mehrere Positionen, können nur die anteiligen Entladekosten (zeitabhängige Kosten) eingespart werden. Übernehmen Speditionen die Transporte, liegt der Anteil der Einzelkosten fallabhängig zwischen null und hundert Prozent. Wenn ein linearer Transportsatz vereinbart wurde (z. B. 8 DM/100 kg), sind alle Transportkosten Einzelkosten; falls für die Nutzung einer bestimmten Transportkapazität ein pauschales Entgelt berechnet wird und auf der betreffenden Relation auch andere Artikel ausgeliefert werden, sind die Transportkosten Gemeinkosten, solange man sich im Rahmen der vereinbarten Transportkapazität bewegt.

Eine Ausweitung des Rampensortiments ist bei positiven Deckungsbeiträgen vorteilhaft, sofern keine negativen Rückwirkungen auf das Lagergeschäft zu befürchten sind.

5.5.3 Kontrolle des Lagersortiments

5.5.3.1 Klassifizierung des Lagersortiments

Zur Arbeitserleichterung der Planungsteams sollte das Lagersortiment in vier Kategorien eingeteilt werden:

- (1) Für Auslaufartikel wurde bereits eine Eliminierungsentscheidung getroffen. Sie werden nicht mehr nachdisponiert. Die Planungsunterstützung kann sich auf die Ausweisung der noch vorhandenen Bestände und des belegten Lagerraums sowie des erwarteten Absatzes beschränken, damit gegebenenfalls Sondermaßnahmen zum Bestandsabbau eingeleitet werden können.
- (2) Anlaufartikel verzeichnen während der Startphase relativ geringe Absatzmengen. Ihre Deckungsbeiträge sind daher vergleichsweise niedrig. Dennoch kommen sie für eine Eliminierung aus dem Sortiment nicht in Betracht, da im Zeitablauf steigende Absatzmengen erwartet werden. Um Anlaufartikel automatisch in das normale Sortiment zu übernehmen, empfiehlt sich die Hinterlegung einer zeitlichen Begrenzung. Artikel, die nach Ablauf dieser Frist keine befriedigenden Deckungsbeiträge erreichen, sind u. U. aus dem Sortiment zu entfernen (sogenannte "Flops").
- (3) Das restliche Lagersortiment wird in "aktive" und "inaktive" Artikel eingeteilt. Bei inaktiven Artikeln finden im Betrachtungszeitraum keine Transaktionen statt. Inaktive selbstgelagerte Artikel stellen ein lohnendes Rationalisierungspotential dar, weil den bestandsabhängigen Ko-

sten und den Artikelfixkosten keine Erlöse gegenüberstehen.

- (4) Der Deckungsbeitrag sagt bei den obengenannten drei Artikelkategorien nur wenig aus. Sie sollten deshalb in den durch das Logistik-Informationssystem aufbereiteten Planungsunterlagen gekennzeichnet und gegebenenfalls in separaten Auswertungen abgehandelt werden. Für aktive Artikel dagegen ist der Deckungsbeitrag ein geeignetes Beurteilungskriterium. Da der Deckungsbeitrag vom physischen Distributionsweg beeinflusst wird, setzen wir voraus, daß die Lagerungsstrategie bereits mit den in Abschnitt 5.4 behandelten Methoden optimiert wurde. Innerhalb der aktiven Artikel sind insbesondere Langsamläufer mit zurückgehenden transaktionsorientierten Kosten und Erlösen, aber verharrenden bestandsabhängigen Kosten eliminierungsverdächtig. Derartige Artikel sind typischerweise Mitglieder des zentralen Sortiments. Die nachfolgenden Ausführungen gelten ausschließlich für aktive Artikel.

5.5.3.2 Organisation der Läger als Profit-Center

Wir differenzieren den Rechenweg zur Ermittlung der Deckungsbeiträge nach der Organisationsstruktur des Distributionssystems. Falls die Läger als eigenständige Profit-Center betrieben werden, erfolgt die interne Verrechnung der vom Zentrallager zugelieferten Artikel i. d. R. über konstante Verrechnungssätze, die in gewissen zeitlichen Abständen revidiert werden. Die Deckungsbeiträge der zugelieferten Artikel

müssen anhand dieser Verrechnungssätze bestimmt werden.

Abbildung 5.11 zeigt die Berechnung des Deckungsbeitrags für Artikel, die in einem Außenlager oder im Zentrallager gelagert werden und ausschließlich in die jeweiligen direkten Liefergebiete distribuiert werden.

Verkaufserlöse (ohne Umsatzsteuer)
- Einstandskosten (ohne Vorsteuer)

= Handelsspanne
- Kapitalbindungskosten
- zurechenbare Dispositions- und Auftragsabwicklungskosten
- zurechenbare Handlingkosten (Waren-eingangs-, Kommissionierungs- und Warenausgangskosten)
- zurechenbare Lagerraumkosten
- Einzelkosten im Primär- und Tertiärtransport

= Deckungsbeitrag

Abb. 5.11: Berechnung des Deckungsbeitrags für selbstgelagerte Artikel zur Eigenverwendung aus Sicht eines Außen- oder Zentrallagers

In Abbildung 5.12 ist aus Sicht der Außenläger das entsprechende Berechnungsschema für Artikel dargestellt, die vom Zentrallager zugeliefert werden.

Für das Zentrallager zählen die den Außenlagern in Rechnung gestellten Bezugspreise zu den Erlösen, denen allerdings die gesamten Einzelkosten für Artikel des zentralen Sortiments gegenüberzustellen sind (vgl. Abb. 5.13).

Verkaufserlöse (ohne Umsatzsteuer)
- Bezugskosten vom Zentrallager

= Handelsspanne
- zurechenbare Dispositions- und Auftragsabwicklungskosten
- zurechenbare Handlingkosten (Komplettier- und Umschlagskosten)
- Einzelkosten im Sekundär- und Tertiärtransport

= Deckungsbeitrag

Abb. 5.12: Berechnung des Deckungsbeitrags für vom Zentrallager zugelieferte Artikel aus Sicht eines Außenlagers

Verkaufserlöse (ohne Umsatzsteuer) im ZL-Liefergebiet
+ an Außenlager verrechnete Bezugspreise
- Einstandskosten (ohne Vorsteuer)

= Pseudo-Handelsspanne
- zurechenbare Dispositions- und Auftragsabwicklungskosten
- zurechenbare Handlingkosten (Wareneingangs-, Kommissionierungs- und Wareneingangskosten)
- zurechenbare Lagerraumkosten
- Einzelkosten im Primär- und Tertiärtransport

= Deckungsbeitrag

Abb. 5.13: Berechnung des Deckungsbeitrags für Artikel des zentralen Sortiments aus Sicht des Zentrallagers

Verrechnungspreise sind politische Preise. Sie können als Instrument der pretialen Lenkung eingesetzt werden, um z. B. bei knappem ZL-Lagerraum die Zulieferungen an die Außenlager und den durch diesbezügliche Bestände belegten Lageraum zu reduzieren. Eine Untergrenze für den Verrechnungspreis ist mit der Summe der ZL-Einzelkosten gegeben; die Obergrenze liegt bei den mit allen Schwächen der Gemeinkostenverteilung behafteten ZL-Vollkosten. Das beschriebene Schema der Deckungsbeitragsrechnung führt zum Ausgleich der Bezugspreisvorstellungen aus zentraler und dezentraler Sicht, da beide Seiten auf befriedigenden Deckungsbeiträgen bestehen werden.

5.5.3.3 Zentrale Administration

Der Rechenweg zur Ermittlung des Deckungsbeitrags für eigengelagerte Artikel unterscheidet sich bei zentraler Steuerung des Distributionssystems nicht vom Berechnungsschema für eine Profit-Center-Organisation (vgl. Abb. 5.11). Es ist allerdings im Rahmen von Sortimentsentscheidungen müßig, Zulieferungen vom Zentrallager mit Verrechnungspreisen zu belasten, da die Entscheidungshoheit allein bei der Instanz liegt, die auch die Verrechnungspreise festlegt. Wir berechnen daher für Artikel des zentralen Sortiments nur einen Deckungsbeitrag auf Basis der Erlöse und Kosten im gesamten Distributionssystem.

Im ersten Schritt bestimmen wir für jedes Außenlager, das Zulieferungen vom Zentrallager erhält, den Deckungsbeitrag I gemäß Abbildung 5.14.

Verkaufserlöse (ohne Umsatzsteuer)

- zurechenbare Dispositions- und Auftragsabwicklungskosten
- zurechenbare Handlingkosten (Komplettier- und Umschlagskosten)
- Einzelkosten im Sekundär- und Tertiärtransport

= Deckungsbeitrag I

Abb. 5.14: Berechnung des Deckungsbeitrags I für jedes Außenlager

Abbildung 5.15 zeigt die Ermittlung des Deckungsbeitrags im gesamten Distributionssystem.

Verkaufserlöse (ohne Umsatzsteuer)
im ZL-Liefergebiet

- + Summe der Deckungsbeiträge I der Außenlager
- Einstandskosten (ohne Vorsteuer)

= Pseudo-Handelsspanne

- zurechenbare Dispositions- und Auftragsabwicklungskosten
- zurechenbare Handlingkosten (Wareneingangs-, Kommissionierungs- und Warenausgangskosten)
- zurechenbare Lagerraumkosten
- Einzelkosten im Primär- und Tertiärtransport

= Deckungsbeitrag II

Abb. 5.15: Berechnung des Deckungsbeitrags für Artikel des zentralen Sortiments bei zentraler Administration

Der Vergleich der berechneten Deckungsbeiträge mit den geschätzten Deckungsbeiträgen bei Übernahme des

Artikels in das Bestellsortiment gibt Hinweise darauf, ob die Eliminierung aus dem Lagersortiment lohnend ist. Durch Kumulieren der artikelbezogenen Deckungsbeiträge können Deckungsbeiträge pro Artikelgruppe ermittelt werden, die wichtige Hilfsmittel für die Festlegung der Sortimentspolitik darstellen.

6. Zusammenfassende Bewertung der gewonnenen Erkenntnisse

Eingebettet in ein übergeordnetes Management-Informationssystem und mit anderen Modulen über die Datenbank "Warenwirtschaft" datentechnisch verknüpft, kann ein Logistik-Informationssystem, wie es im dritten Abschnitt dieser Arbeit konzipiert wurde, bedeutende Beiträge zum strategischen und operativen Management von Großhandelsbetrieben leisten. Moderne Instrumente der Computer- und Kommunikationstechnologie erlauben die Implementierung neuerer Verfahren des logistischen Sortiments- und Bestandsmanagements zur Steuerung und Kontrolle mehrstufiger Großhandels-Distributionssysteme, die insbesondere im Hinblick auf die Liberalisierung der europäischen Märkte an Aktualität gewinnen.

Methoden der Bestandsdisposition wie das DRP-System oder die Methode der "fair shares" eröffnen umfangreiche logistische Rationalisierungsreserven im Bereich der tagtäglichen Bestandssteuerung. Mittels permanenter Sortimentskontrolle, kombiniert mit einer artikelbezogenen, entscheidungsorientierten Kostengliederung, können durch die Lagerungsstrategie bedingte Unwirtschaftlichkeiten aufgedeckt und bereinigt werden. Ebenso wird das frühzeitige Erkennen eliminierungsverdächtiger Artikel unterstützt.

Bei allen dargestellten Verfahren und Planungssystemen handelt es sich jedoch nicht um "Fertigrezepte", die ohne wesentliche Anpassungsmaßnahmen auf konkrete Anwendungsfälle übertragen werden können. Vielmehr sind exakte Analysen der fallspezifischen Umstände, umfangreiche Kenntnisse über die Einsatzvorteile und -grenzen der jeweiligen Methoden und Im-

plementierungstests, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme der Simulationstechnik, erforderlich, um Kosten- und Erlöswirkungen abzuschätzen und erfolgreiche Anwendungen zu gewährleisten.

Anhangsverzeichnis

Anhang A: Computerprogramm zur Simulation des klassischen
Bestandsdispositionsverfahrens

	Seite
Hauptprogramm <i>STEUER</i>	233
Unterprogramm <i>LESEN</i>	236
Unterprogramm <i>SIMULA</i>	238
Unterprogramm <i>START</i>	243
Unterprogramm <i>ANDLER</i>	247
Unterprogramm <i>BEDARF</i>	248
Unterprogramm <i>PROGNO</i>	250
Unterprogramm <i>BESTPAL</i>	252
Unterprogramm <i>DIS3</i>	254
Unterprogramm <i>NV</i>	255
Unterprogramm <i>SERVFR</i>	256
Unterprogramm <i>SERVFN</i>	257
Unterprogramm <i>AUSSEN</i>	258
Unterprogramm <i>ZENTRAL</i>	261
Unterprogramm <i>ENDE</i>	265
Unterprogramm <i>ANALYSE</i>	268
Unterprogramm <i>AUSGABE</i>	279

Anhang B: Simulationsergebnisse für alternative Bestands-
dispositionsverfahren

	Seite
Ergebnisse zu System 14	286
Ergebnisse zu System 16	292
Ergebnisse zu System 24	296
Ergebnisse zu System 91	300
Ergebnisse zu System 92	304
Ergebnisse zu System 93	308
Ergebnisse zu System 94	312
Ergebnisse zu System 7	316
Ergebnisse zu System 8	320

program steuer

```

*****
*                                                                 *
* Hauptprogramm Steuer                                           *
* -----                                                       *
*                                                                 *
* Funktionen: - Aufruf des U.P. Lesen zum Einlesen der Inputdaten *
*              - Aufruf des U.P. Simula zur Simulationssteuerung  *
*              - Aufruf des U.P. Ausgabe zur Ausgabe der Simulations- *
*                ergebnisse                                       *
*                                                                 *
*****

```

```

C      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
C      *****

```

```

C      AB      : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
C      ALPHA   : Lagerkostensatz
C      ALPHAF   : Glättungsparameter für Prognosefehlerglättung
C      ALPHAP   : Glättungsparameter für Nachfrageprognosen
C      ANZAL    : Anzahl Aussenläger
C      ANZART   : Anzahl Artikel pro Artikelklasse und AL
C      ANZKLA   : Anzahl Artikelklassen
C      BESTS    : Bestellpunkte Zentrallager
C      C        : Einstandspreis
C      CF3      : Fehlmengenkostensätze
C      CW       : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
C      ENTF     : Entfernungen ZL-AL und Lieferant-ZL
C      FG       : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
C      GROLL    : Gewichtsgrenze für Rollgeldberechnung
C      GRUPSP   : Gewichtsgrenze zwischen UPS und RKT
C      I        : Hilfsindex
C      IM       : Multiplikator der AL-Bestellmenge zur Berechnung des
C                  maximalen Sollbestandes
C      IQ       : Multiplikator der AL-Bestellmenge zur Berechnung der
C                  ZL-Bestellpunkte
C      ISYS     : Systemnummer
C      KHMEHR   : Kostensatz für Kommissionier- u. Handlingmehrkosten
C      LAMBDA   : Soll-Lieferbereitschaften
C      LZAL     : Lieferzeiten ZL-AL
C      LZL      : Lieferzeiten Lieferant-ZL
C      MARGES   : Marge auf den RKT-Stückguttarif
C      MARGEW   : Marge auf den RKT-Wagenladungstarif
C      MAXART   : max. Anzahl Artikel pro Artikelklasse und AL
C      MAXKAP   : max. Ladegewicht eines LKW
C      MAXLAL   : max. Lieferzeit ZL-AL
C      MAXLZL   : max. Lieferzeit Lieferant-ZL
C      MY       : Mittelwerte der Nachfrageverteilungen
C      NART     : Anzahl Artikel
C      OGDOP    : Obergrenze der Frachtoptimierung zwischen RKT-Stück-
C                  gut- und Wagenladungstarif
C      Q        : AL-Bestellmengen
C      S        : Bestellkostensatz

```



```
c      SIGMA      : Standardabweichungen der Nachfrageverteilungen
c      SIMZEIT    : Simulationsdauer
c      T          : Simulationsendperiode
c      TAB        : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      TABR       : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      TF         : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      TSTART     : letzte Periode der Simulationsanlaufphase
c      UGDOP      : Untergrenze der Frachtoptimierung zwischen RKT-Stück-
c                  gut- und Wagenladungstarif
```

```
c      Typ- und Felddeklarationen
c      *****
```

```
integer t, tstart, anzart(3,4), lzal(4), lzzl(3), anzkla, anzal,
*      maxart, iq(3), q(3,4), bests(5,3), im(3)
real    my(3,4), sigma(3,4), lambda(3), alphap, alphaf, alpha,
*      c, s, simzeit, cf3(3), khmehr
real    grupsp, ugdop, ogdop, groll, maxkap, tab(20,4), marges,
*      margew, tf(50,5), tabr(100,2), ab(10,3), cw(6,2), entf(10)
integer fg(40,2)
real    ll(20), l2(20), l3(20), l4, l5(20), l6(20),
*      l7, kl(20), dl(20), k2(20), d2(20),
*      k3(20), d3(20), k4, d4, k5(20), d5(20),
*      k6(20), d6(20), k7(20), d7(20), k8, d8,
*      k9(20), d9(20), k10(20), d10(20), k11, d11,
*      k12(20), d12(20), k13(20), d13(20), k14, d14,
*      k15(20), d15(20), k16(20), d16(20),
*      k17(20), d17(20), k18, d18, k19(20), d19(20),
*      k20(20), d20(20), k21, d21, k22(20), d22(20)
real    k23(20), d23(20), k24, d24, k25(20), d25(20),
*      k26(20), d26(20), k27(20), d27(20), k28, d28,
*      k29(20), d29(20), k30, d30, k31, d31, k32, d32,
*      k33(20), k34, k35, k36, d37, k37, d38(20), k38(20),
*      d39(20), k39(20)
common /kosten/ ll, l2, l3, l4, l5, l6, l7, dl, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9,
*      d10, d11, d12, d13, d14, d15, d16, d17, d18, d19, d20, d21,
*      d22, d23, d24, d25, d26, d27, d28, d29, d30, d31, d32, d37,
*      d38, d39,
*      k1, k2, k3, k4, k5, k6, k7, k8, k9,
*      k10, k11, k12, k13, k14, k15, k16, k17, k18, k19, k20, k21,
*      k22, k23, k24, k25, k26, k27, k28, k29, k30, k31, k32,
*      k33, k34, k35, k36, k37, k38, k39
common /transp/ grupsp, ugdop, ogdop, groll, maxkap, tab, marges,
*      margew, tf, tabr, ab, cw, fg

parameter (anzkla=3, anzal=4, maxart=5, maxlzl=6, maxlal=3,
*      alphap=0.2, alphaf=0.3)
```

```
c      Dateieroeffnungen
c      *****

      open(10,file='input.sim')
      open(11,file='output.sim',status='new')
      open(12,file='normal.zuf')
      open(13,file='dtar')
      open(14,file='ronah')
      open(15,file='dstuec')
      open(16,file='dwagen')
      open(17,file='dupspo')

c      Aufruf des U.P. Lesen zum Einlesen der Inputdaten
c      *****

      call lesen(anzart, my, sigma, lzal, lzzl, lambda, t, tstart,
*           anzkla, anzal, alpha, c, s, entf, isys, iq, im,
*           khmehr)

c      Anzahl der Artikel berechnen
c      *****

      nart = 0
      do 1 i=1,anzkla
        nart = nart + anzart(i,1)
1      continue

c      Aufruf des U.P. Simula zur Durchfuehrung der Simulation
c      *****

      call simula(anzart, my, sigma, lzal, lzzl, lambda, t, iq, tstart,
*           anzkla, anzal, maxart, maxlzl, maxlal, alphap,
*           alphaf, alpha, c, s, entf, nart, isys, simzeit,
*           q, bests, cf3, im, khmehr)

c      Ausgabe der Simulationsergebnisse
c      *****

      call ausgabe(anzkla,anzal,nart,anzart,my,sigma,
*           lzal,lzzl,lambda,alpha,c,s,cf3,
*           entf,t,tstart,simzeit,q,isys,maxart,khmehr)

      stop
      end
```

```

subroutine lesen(anzart, my, sigma, lzal, lzzl, lambda, t,
*          tstart, anzkla, anzal, alpha, c, s, entf,
*          isys, iq, im, khmehr)

*****
*
* Unterprogramm Lesen
* -----
*
* Funktionen: - Einlesen der Inputdaten
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****

c      AB      : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      ALPHA    : Lagerkostensatz
c      ANZAL    : Anzahl Aussenlager
c      ANZART   : Anzahl Artikel pro Artikelklasse und AL
c      ANZKLA   : Anzahl Artikelklassen
c      C        : Einstandspreis
c      CW       : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      ENTF     : Entfernungen ZL-AL und Lieferant-ZL
c      FG       : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      GROLL    : Gewichtsgrenze für Rollgeldberechnung
c      GRUPSP   : Gewichtsgrenze zwischen UPS und RKT
c      I        : Hilfsindex
c      IANZ     : Anzahl der Gewichtsklassen für Rollgeldberechnung
c      IM       : Multiplikator der AL-Bestellmenge zur Berechnung des
c                maximalen Sollbestandes
c      IQ       : Multiplikator der AL-Bestellmenge zur Berechnung der
c                ZL-Bestellpunkte
c      ISYS     : Systemnummer
c      J        : Hilfsindex
c      KHMEHR   : Kostensatz für Kommissionier- u. Handlingmehrkosten
c      LAMBDA   : Soll-Lieferbereitschaften
c      LZAL     : Lieferzeiten ZL-AL
c      LZZL     : Lieferzeiten Lieferant-ZL
c      MARGES   : Marge auf den RKT-Stückguttarif
c      MARGEW   : Marge auf den RKT-Wagenladungstarif
c      MAXKAP   : max. Ladegewicht eines LKW
c      MY       : Mittelwerte der Nachfrageverteilungen
c      OGDOP    : Obergrenze der Frachtoptimierung zwischen RKT-Stück-
c                gut- und Wagenladungstarif
c      S        : Bestellkostensatz
c      SIGMA    : Standardabweichungen der Nachfrageverteilungen
c      T        : Simulationsendperiode
c      TAB      : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      TABR     : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      TF       : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      TSTART   : letzte Periode der Simulationsanlaufphase
c      UGDOP    : Untergrenze der Frachtoptimierung zwischen RKT-Stück-
c                gut- und Wagenladungstarif
c

```

```
c      Typ- und Felddeklarationen
c      *****

      integer anzkla, anzal, lzzl(anzkla), iq(anzkla), im(anzkla),
*      t, tstart, anzart(anzkla,anzal), lzal(anzal)
      real    my(anzkla,anzal), sigma(anzkla,anzal), lambda(anzkla),
*      alpha, c, s, entf(10), khmehr
      real    grupsp, ugdop, ogdop, groll, maxkap, tab(20,4), marges,
*      margew, tf(50,5), tabr(100,2), ab(10,3), cw(6,2)
      integer fg(40,2)
      common /transp/ grupsp,ugdop,ogdop,groll,maxkap,tab,marges,
*      margew,tf,tabr,ab,cw,fg

c      Einlesen der Inputdaten
c      *****

c      *** datei input.sim ***
      read(10,*) isys
      read(10,*) ((anzart(i,j),j=1,anzal),i=1,anzkla),
*      ((my(i,j),j=1,anzal),i=1,anzkla),
*      ((sigma(i,j),j=1,anzal),i=1,anzkla)
      read(10,*) (lzal(i),i=1,anzal),
*      (lzzl(i),i=1,anzkla),
*      (lambda(i),i=1,anzkla)
      read(10,*) t, tstart, alpha, c, s, khmehr
      read(10,*) (entf(i),i=1,anzal+1)
      read(10,*) (iq(i),i=1,anzkla), (im(i),i=1,anzkla)

c      *** datei ronah ***
      read(14,*) ianz,((tabr(i,j),j=1,2),i=1,ianz)

c      *** datei dtar ***
      read(13,*) grupsp,ugdop,ogdop,groll,maxkap,marges,margew

c      *** datei dupspo ***
      read(17,*) ((tab(i,j),j=1,4),i=1,19)

c      *** datei dstuec ***
      read(15,*) ((tf(i,j),j=1,5),i=1,47),
*      ((fg(i,j),j=1,2),i=1,39)

c      *** datei dwagen ***
      read(16,*) ((ab(i,j),j=1,3),i=1,9),
*      ((cw(i,j),j=1,2),i=1,6)

      return
      end
```

```

subroutine simula(anzart, my, sigma, lzal, lzzl, lambda, t, iq,
*          tstart, anzkla, anzal, maxart, maxlzl, maxial,
*          alphap, alphaf, alpha, c, s, entf, nart, isys,
*          simzeit, q, bests, cf3, im, khmehr)

*****
*
* Unterprogramm Simula
* -----
*
* Funktionen: - Steuerung des Simulationsablaufes
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****

c      AB      : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      ALPHA    : Lagerkostensatz
c      ALPHAF   : Glättungsparameter für Prognosefehlerglättung
c      ALPHAP   : Glättungsparameter für Prognosefehlerglättung
c      ANZAL    : Anzahl Aussenläger
c      ANZART   : Anzahl Artikel in Artikelklasse i u. AL j
c      ANZKLA   : Anzahl Artikelklassen
c      B        : Bestellpunkte AL
c      BACK     : Auftragsrückstände AL
c      BACKK    : kum. Auftragsrückstände AL
c      BACKZ    : Lieferrückstände ZL
c      BEDA     : Endnachfragen
c      BEDAK    : kum. Endnachfragen
c      BEDAZ    : kum. AL-Nachfragen gegenüber ZL
c      BEST     : phys. AL-Bestände
c      BESTD    : disp. AL-Bestände
c      BESTK    : kum. phys. AL-Bestände
c      BESTS    : Bestellpunkte ZL
c      BESTZ    : phys. ZL-Bestände
c      BESTZD   : disp. ZL-Bestände
c      BESTZK   : kum. phys. ZL-Bestände
c      C        : Einstandspreis
c      CF3      : Fehlmengenkostensätze
c      CW       : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      EINLK    : kum. Einlagerungsmengen ZL
c      ENTF     : Entfernungen ZL-AL und Lieferant-ZL
c      FEHL     : Fehlmengen AL
c      FEHLK    : kum. Fehlmengen AL
c      FEHLZ    : kum. Fehlmengen ZL
c      FG       : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      GROLL    : Gewichtsgrenze für Rollgeldberechnung
c      GRUPSP   : Gewichtsgrenze zwischen UPS und RKT
c      IM       : Multiplikator der AL-Bestellmengen zur Berechnung der
c                  maximalen Sollbestände

```

```

c      IQ      : Multiplikator der AL-Bestellmengen zur Berechnung der
c                ZL-Bestellpunkte
c      ISEND   : Hilfsindex
c      ISYS    : Systemnummer
c      IZUF    : Hilfsindex
c      KHMEHR  : Kostensatz für Kommissionier- u. Handlingmehrkosten
c      LAMBDA   : Soll-Lieferbereitschaften
c      LZAL    : Lieferzeiten ZL-AL
c      LZZL    : Lieferzeiten Lieferant-ZL
c      MARGES   : Marge auf RKT-Stückguttarif
c      MARGEW  : Marge auf RKT-Wagenladungstarif
c      MAXART   : max. Anzahl Artikel
c      MAXKAP   : max. Ladegewicht eines LKW
c      MAXLAL   : max. Lieferzeit LZ-AL
c      MAXLZL   : max. Lieferzeit Lieferant-ZL
c      MY      : Mittelwerte der Nachfrageverteilungen
c      NART     : Anzahl Artikel
c      NORAL    : Anzahl Bestellungen pro AL
c      NORZL    : Anzahl Bestellungen ZL
c      OGDOP    : Obergrenze der Frachtopt.
c      ORDER    : In-Transit-Bestellungen AL
c      ORDERZ   : In-Transit-Bestellungen ZL
c      PTAG     : Nachfrageprognosen pro ZE
c      Q        : Bestellmengen AL
c      S        : Bestellkostensatz
c      SEND     : Vektor der Sendungen
c      SIGMA    : Standardabweichungen der Nachfrageverteilungen
c      SIGTAG   : Standardabweichung der Prognosefehler pro ZE
c      SIMZEIT  : Simulationsdauer
c      SORDER   : Bestellschalter für AL-Bestellungen
c      T        : Simulationsendperiode
c      TAB      : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      TABR     : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      TAKT     : akt. Simulationszeit
c      TF       : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c      TSTART   : letzte Periode der Simulationsanlaufphase
c      UGDOP    : Obergrenze der Frachtopt.
c      ZUFVEK   : Vektor mit standardnormalverteilten Zufallszahlen

```

```

c      Typ- und Felddeklarationen
c      *****

```

```

integer*2 send(5000,2)
integer anzkla, anzal, lzzl(anzkla), maxlzl,
*      t, tstart, anzart(anzkla,anzal), lzal(anzal),
*      maxart, takt, maxlal, iq(anzkla), im(anzkla)
integer beda(5,3,4),
*      noral(5,3,4),
*      backk(5,3,4),
*      bedak(5,3,4),
*      best(5,3,4),
*      bestk(5,3,4),
*      bestd(5,3,4)

```

```

integer fehl(5,3,4),
*      back(5,3,4),
*      feh1k(5,3,4),
*      b(5,3,4),
*      sorder(5,3,4),
*      backz(5,3,4),
*      orderz(5,3,6),
*      order(5,3,4,3)
integer q(3,4), bestz(5,3),
*      bestzd(5,3), bestzk(5,3), einlk(5,3),
*      bests(5,3), norzl(5,3),
*      feh1z(5,3), bedaz(5,3)
real my(anzkla,anzal), sigma(anzkla,anzal), lambda(anzkla),
*      zufvek(100), ptag(5,3,4), alphap,
*      alphaf, sigtag(5,3,4), alpha, c, s, khmehr,
*      cf3(3), entf(10), simzeit
real l1(20), l2(20), l3(20), l4, l5(20), l6(20),
*      l7, k1(20), d1(20), k2(20), d2(20),
*      k3(20), d3(20), k4, d4, k5(20), d5(20),
*      k6(20), d6(20), k7(20), d7(20), k8, d8,
*      k9(20), d9(20), k10(20), d10(20), k11, d11,
*      k12(20), d12(20), k13(20), d13(20), k14,d14,
*      k15(20), d15(20), k16(20), d16(20),
*      k17(20), d17(20), k18, d18, k19(20), d19(20),
*      k20(20), d20(20), k21, d21, k22(20), d22(20)
real k23(20), d23(20), k24, d24, k25(20), d25(20),
*      k26(20), d26(20), k27(20), d27(20), k28, d28,
*      k29(20), d29(20), k30, d30, k31, d31, k32, d32,
*      k33(20), k34, k35, k36, d37, k37, d38(20), k38(20),
*      d39(20), k39(20)
real grupsp, ugdop, ogdop, groll, maxkap, tab(20,4), marges,
*      margew, tf(50,5), tabr(100,2), ab(10,3), cw(6,2)
integer fg(40,2)
common /transp/ grupsp,ugdop,ogdop,groll,maxkap,tab,marges,
*      margew,tf,tabr,ab,cw,fg
common /kosten/ l1,l2,l3,l4,l5,l6,l7,d1,d2,d3,d4,d5,d6,d7,d8,d9,
*      d10,d11,d12,d13,d14,d15,d16,d17,d18,d19,d20,d21,
*      d22,d23,d24,d25,d26,d27,d28,d29,d30,d31,d32,d37,
*      d38,d39,
*      k1,k2,k3,k4,k5,k6,k7,k8,k9,
*      k10,k11,k12,k13,k14,k15,k16,k17,k18,k19,k20,k21,
*      k22,k23,k24,k25,k26,k27,k28,k29,k30,k31,k32,
*      k33,k34,k35,k36,k37,k38,k39

C      Startwerte zuweisen
C      *****

call start(anzkla,anzal,maxart,maxlal,maxlzl,beda,
*      bedak,q,best,bestk,bestd,bestz,bestzd,
*      bestzk,bests,orderz,order,fehl,back,
*      feh1k,noral,norzl,b,sorder,backz,lz1,
*      anzart,lzal,my,alpha,c,s,
*      lambda,cf3,backk,feh1z,bedaz,isend,iq,einlk)

```

```
c Schleife ueber Simulationszeit
c *****

do 1 takt=1,t

c Bedarfszahlen ziehen
c *****

      call bedarf(maxart,anzkla,anzal,anzart,beda,
*              izuf,zufvek,takt,my,sigma,bedak,
*              tstart)

c Bedarfsprognosen erstellen u. Prognosefehler fortschreiben
c *****

      call progno(maxart,anzkla,anzal,anzart,beda,
*              ptag,sigtag,takt,my,alpha,alphaf)

c Bestellpunkte aktualisieren
c *****

      call bestpal(maxart,anzkla,anzal,anzart,q,
*              sigtag,lambda,b,ptag,lzal)

c Bestandsfuehrung und Bestellungen Aussenlaeger
c *****

      call aussen(maxart,anzkla,anzal,anzart,maxlzl,
*              takt,tstart,best,beda,bestd,fehl,
*              back,fehlk,order,b,sorder,q,noral,
*              bestk,backk)

c Bestandsfuehrung und Bestellungen Zentrallager
c *****

      call zentral(maxart,anzkla,anzal,anzart,maxlzl,
*              maxlzl,takt,tstart,bestz,q,sorder,
*              bestzd,backz,orderz,bests,order,
*              norzl,bestzk,fehlz,bedaz,lzsl,
*              lzal,einlk,im)

c Tagesschluss-Prozedur
c *****

      call ende(maxart,anzkla,anzal,anzart,maxlzl,
*              maxlzl,order,orderz,sorder,
*              takt,tstart,send,isend)

c Ende der Simulationsschleife
c *****

1 continue
```



```
c      Auswertung der Simulationsergebnisse
c      *****

      call analyse(maxart,anzkla,anzal,anzart,alpha,c,
*              bestk,bestzk,s,noral,norzl,cf3,
*              backk,send,isend,entf,fehlk,bedak,t,
*              tstart,nart,simzeit,fehlz,bedaz,
*              khmehr,einlk)

      return
      end
```

```

subroutine start(anzkla,anzal,maxart,maxlal,maxlzl,beda,
*          bedak,q,best,bestk,bestd,bestz,bestzd,
*          bestzk,bests,orderz,order,fehl,back,
*          fehlk,noral,norzl,b,sorder,backz,lzzl,
*          anzart,lzal,my,alpha,c,s,
*          lambda,cf3,backk,fehlz,bedaz,isend,iq,einlk)

```

```

*****
*
* Unterprogramm Start
* -----
*
* Funktionen: - Anfangsbestände AL + ZL setzen
*              - Kumulierungsvariable Nullsetzen
*              - Bestellpunkte ZL berechnen
*
*****

```

```

C      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
C      *****

```

```

C      ALPHA      : Lagerkostensatz
C      ANZAL      : Anzahl Aussenlänger
C      ANZART     : Anzahl Artikel in Artikelklasse i u. AL j
C      ANZKLA     : Anzahl Artikelklassen
C      B          : Bestellpunkte AL
C      BACK       : Auftragsrückstände AL
C      BACKK      : kum. Auftragsrückstände AL
C      BACKZ      : Lieferrückstände ZL
C      BEDA       : Endnachfragen
C      BEDAK      : kum. Endnachfragen
C      BEDAZ      : kum. AL-Nachfragen gegenüber ZL
C      BEST       : phys. AL-Bestände
C      BESTD      : disp. AL-Bestände
C      BESTK      : kum. phys. AL-Bestände
C      BESTS      : Bestellpunkte ZL
C      BESTZ      : phys. ZL-Bestände
C      BESTZD     : disp. ZL-Bestände
C      BESTZK     : kum. phys. ZL-Bestände
C      C          : Einstandspreis
C      CF3        : Fehlmengenkostensätze
C      EINLK      : kum. Einlagerungsmengen ZL
C      FEHL       : Fehlmengen AL
C      FEHLK      : kum. Fehlmengen AL
C      FEHLZ      : kum. Fehlmengen ZL
C      I          : Hilfsindex
C      IQ         : Multiplikator der AL-Bestellmengen zur Berechnung der
C                  ZL-Bestellpunkte
C      ISEND      : Hilfsindex
C      J          : Hilfsindex
C      K          : Hilfsindex
C      L          : Hilfsindex
C      LAMBDA     : Soll-Lieferbereitschaften
C      LZAL       : Lieferzeiten ZL-AL

```

```

c      LZLZL      : Lieferzeiten Lieferant-ZL
c      MAXART     : max. Anzahl Artikel
c      MAXLAL     : max. Lieferzeit LZ-AL
c      MAXLZL     : max. Lieferzeit Lieferant-ZL
c      MY         : Mittelwerte der Nachfrageverteilungen
c      NORAL      : Anzahl Bestellungen pro AL
c      NORZL      : Anzahl Bestellungen ZL
c      ORDER      : In-Transit-Bestellungen AL
c      ORDERZ     : In-Transit-Bestellungen ZL
c      Q          : Bestellmengen AL
c      S          : Bestellkostensatz
c      SEND       : Vektor der Sendungen
c      SORDER     : Bestellschalter für AL-Bestellungen

```

```

c      Typ- und Felddeklarationen

```

```

c      *****
integer anzkla, anzal, lzlz(anzkla), maxlzl,
*      anzart(anzkla,anzal), lzal(anzal),
*      maxart, maxlal, iq(anzkla)
integer beda(maxart,anzkla,anzal),
*      noral(maxart,anzkla,anzal),
*      backk(maxart,anzkla,anzal),
*      bedak(maxart,anzkla,anzal),
*      best(maxart,anzkla,anzal),
*      bestk(maxart,anzkla,anzal),
*      bestd(maxart,anzkla,anzal)
integer fehl(maxart,anzkla,anzal),
*      back(maxart,anzkla,anzal),
*      fehlk(maxart,anzkla,anzal),
*      b(maxart,anzkla,anzal),
*      sorder(maxart,anzkla,anzal),
*      backz(maxart,anzkla,anzal),
*      orderz(maxart,anzkla,maxlzl),
*      order(maxart,anzkla,anzal,maxlal)
integer q(anzkla,anzal), bestz(maxart,anzkla),
*      bestzd(maxart,anzkla), bestzk(maxart,anzkla),
*      bests(maxart,anzkla), norzl(maxart,anzkla),
*      fehly(maxart,anzkla), bedaz(maxart,anzkla),
*      einlk(maxart,anzkla)
real my(anzkla,anzal), lambda(anzkla),
*      alpha, c, s,
*      cf3(anzkla)

```

```

c      Bestellmengen berechnen

```

```

c      *****

```

```

call andler(anzkla,anzal,q,alpha,c,s,my)

```

```
c      Bestellpunkte im Zentrallager berechnen
c      *****

      do 70 j=1,anzkla
          do 80 i=1,anzart(j,1)
              bests(i,j) = iq(j) * q(j,1)
80          continue
70      continue

c      Fehlmengenkostenwerte berechnen
c      *****

      do 60 i=1,anzkla
          cf3(i) = lambda(i) * alpha / (1.-lambda(i))
60      continue

c      Anfangsbestaende berechnen
c      *****

      do 90 i=1,maxart
          do 91 j=1,anzkla
              bestz(i,j) = bests(i,j)
              bestzd(i,j) = bestz(i,j)
              do 92 k=1,anzal
                  best(i,j,k) = lzal(k) * int(my(j,k))
                  bestd(i,j,k) = best(i,j,k)
92              continue
91          continue
90      continue

c      Nullsetzen
c      *****

      isend = 0
      do 10 i=1,maxart
          do 20 j=1,anzkla
              bestzk(i,j) = 0
              einlk(i,j) = 0
              norzl(i,j) = 0
              fehlz(i,j) = 0
              bedaz(i,j) = 0
              do 30 k=1,anzal
                  beda(i,j,k) = 0
                  bedak(i,j,k) = 0
                  bestk(i,j,k) = 0
                  fehl(i,j,k) = 0
                  back(i,j,k) = 0
                  fehlk(i,j,k) = 0
                  b(i,j,k) = 0
                  sorder(i,j,k) = 0
                  backz(i,j,k) = 0
                  noral(i,j,k) = 0
                  backk(i,j,k) = 0
```

```

do 40 l=1,maxlzl
  order(i,j,k,l) = 0
40  continue
30  continue
  do 50 k=1,maxlzl
    orderz(i,j,k) = 0
50  continue
20  continue
10  continue

return
end
```

```

subroutine andler(anzkla,anzal,q,alpha,c,s,my)

*****
*
* Unterprogramm Andler
* -----
*
* Funktionen: - Berechnung der fixen AL-Bestellmengen
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****
c      .
c      ALPHA      : Lagerkostensatz
c      ANZAL      : Anzahl Aussenläger
c      ANZKLA     : Anzahl Artikelklassen
c      C          : Einstandspreis
c      HILF       : Hilfsvariable
c      I          : Hilfsindex
c      J          : Hilfsindex
c      MY         : Mittelwerte der Nachfrageverteilungen
c      Q          : Bestellmengen AL
c      S          : Bestellkostensatz

c      Typ- und Felddeklarationen
c      *****

integer anzkla, anzal, q(anzkla,anzal)
real    alpha, c, s, my(anzkla,anzal)

c      Berechnung der Bestellmengen mit der "Andler"-Formel
c      *****

do 10 i=1,anzkla
  do 20 j=1,anzal
    hilf = sqrt(2. * my(i,j) * s / alpha / c)
    q(i,j) = int(hilf + .5)
  20 continue
10 continue

return
end

```

```

      subroutine bedarf(maxart,anzkla,anzal,anzart,beda,
*           izuf,zufvek,takt,my,sigma,bedak,
*           tstart)

*****
*
* Unterprogramm Bedarf
* -----
*
* Funktionen: - Generierung normalverteilter Bedarfszahlen
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****

c      ANZAL      : Anzahl Aussenläger
c      ANZART     : Anzahl Artikel in Artikelklasse i u. AL j
c      ANZKLA     : Anzahl Artikelklassen
c      BEDA       : Endnachfragen
c      BEDAK      : kum. Endnachfragen
c      I         : Hilfsindex
c      IZUF       : Hilfsindex
c      K          : Hilfsindex
c      M          : Hilfsindex
c      MAXART     : max. Anzahl Artikel
c      MY         : Mittelwerte der Nachfrageverteilungen
c      SIGMA      : Standardabweichungen der Nachfrageverteilungen
c      TAKT       : akt. Simulationszeit
c      TSTART     : letzte Periode der Simulationsanlaufphase
c      ZUFVEK     : Vektor mit standardnormalverteilten Zufallszahlen

c      Typ- und Felddeklarationen
c      *****

      integer anzkla, maxart, anzal, anzart(anzkla,anzal),
*           beda(maxart,anzkla,anzal),izuf, takt, tstart,
*           bedak(maxart,anzkla,anzal)
      real   zufvek(100), my(anzkla,anzal),
*           sigma(anzkla,anzal)

c      Standardnormalverteilte Zufallszahlen in 100er-Gruppen
c      einlesen, normalverteilte Bedarfszahlen generieren und
c      nach Anlaufphase kumulieren
c      *****

      if(takt.eq.1) then
        read(12,5) (zufvek(m),m=1,100)
        format(8f10.5)
        izuf = 0
      end if

```

```
do 1 i=1,anzkla
  do 2 j=1,anzal
    do 3 k=1,anzart(i,j)
      izuf = izuf + 1
      if(izuf.gt.100) then
        read(12,5) (zufvek(m),m=1,100)
        izuf = 1
      end if
      beda(k,i,j) = int( zufvek(izuf) * sigma(i,j)
*                   + my(i,j) + .5 )
      if(beda(k,i,j).lt.0) beda(k,i,j) = 0
      if(takt.gt.tstart) then
        bedak(k,i,j) = bedak(k,i,j) + beda(k,i,j)
      end if
3      continue
2      continue
1      continue

return
end
```



```

subroutine progno(maxart,anzkla,anzal,anzart,beda,
*               ptag,sigtag,takt,my,alphap,alphaf)

*****
*
* Unterprogramm Progno
* -----
*
* Funktionen: - Fortschreibung der Nachfrageprognosen
*              - Fortschreibung der Prognosefehler
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****

c      ALPHAF      : Glättungsparameter für Prognosefehlerglättung
c      ALPHAP      : Glättungsparameter für Prognosefehlerglättung
c      ANZAL       : Anzahl Aussenlager
c      ANZART      : Anzahl Artikel in Artikelklasse i u. AL j
c      ANZKLA      : Anzahl Artikelklassen
c      BEDA        : Endnachfragen
c      I           : Hilfsindex
c      J           : Hilfsindex
c      K           : Hilfsindex
c      MAXART      : max. Anzahl Artikel
c      MY          : Mittelwerte der Nachfrageverteilungen
c      PF          : Prognosefehler
c      PTAG        : Nachfrageprognosen pro ZE
c      SIGTAG      : Standardabweichung der Prognosefehler pro ZE
c      TAKT        : akt. Simulationszeit

c      Typ- und Felddeklarationen
c      *****

integer maxart, anzkla, anzal, anzart(anzkla,anzal),
*      beda(maxart,anzkla,anzal), takt
real      ptag(maxart,anzkla,anzal), my(anzkla,anzal),
*      sigtag(maxart,anzkla,anzal), alphap,alphaf, pf

c      Anfangswertzuweisungen
c      *****

      if(takt.eq.1) then
        do 10 i=1,anzkla
          do 20 j=1,anzal
            do 30 k=1,anzart(i,j)
              ptag(k,i,j) = my(i,j)
              sigtag(k,i,j) = 0.
            30 continue
          20 continue
        10 continue
      end if

```

```
c      Prognose- und Prognosefehlerfortschreibung mit
c      exponentieller Glaettung erster Ordnung (konst. Niveau)
c      ****
c
c      do 40 i=1,anzkla
c          do 50 j=1,anzal
c              do 60 k=1,anzart(i,j)
c                  *** Prognosefehler ***
c                  pf = beda(k,i,j) - ptag(k,i,j)
c                  *** neuer Prognosewert ***
c                  ptag(k,i,j) = (1.-alphap) * ptag(k,i,j) +
*                      alphap * float(beda(k,i,j))
c                  *** aktualisierter Standardprognosefehler ***
c                  *** vgl. Brown, 1977, S. 151 f ***
c                  sigtag(k,i,j) = sqrt((1.-alphaf) * sigtag(k,i,j)**2 +
*                      alphaf * pf**2)
c
c      60      continue
c      50      continue
c      40      continue
c
c      return
c      end
```

```

subroutine bestpal(maxart,anzkla,anzal,anzart,q,
*      sigtag,lambda,b,ptag,lzal)

*****
*
* Unterprogramm Bestpal
* -----
*
* Funktionen: - Berechnung der AL-Bestellpunkte
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****

c      ANZAL      : Anzahl Aussenläger
c      ANZART     : Anzahl Artikel in Artikelklasse i u. AL j
c      ANZKLA     : Anzahl Artikelklassen
c      B          : Bestellpunkte AL
c      FAK        : Servicefaktor
c      I          : Hilfsindex
c      J          : Hilfsindex
c      K          : Hilfsindex
c      LAM        : Hilfsvariable
c      LAMBDA     : Soll-Lieferbereitschaften
c      LOSGR      : Hilfsvariable
c      LZAL       : Lieferzeiten ZL-AL
c      MAXART     : max. Anzahl Artikel
c      PTAG       : Nachfrageprognosen pro ZE
c      Q          : Bestellmengen AL
c      S          : Bestellkostensatz
c      SICH       : Sicherheitsbestand
c      SIGLZB     : Standardabweichung der Prognosefehler über die
c                  Wiederbeschaffungszeit
c      SIGTAG     : Standardabweichung der Prognosefehler pro ZE

c      Typ- und Felddeklarationen
c      *****

integer maxart, anzkla, anzal, anzart(anzkla,anzal),
*      b(maxart,anzkla,anzal), q(anzkla,anzal), lzal(anzal)
real      ptag(maxart,anzkla,anzal), lambda(anzkla),
*      sigtag(maxart,anzkla,anzal)
double precision fak, sich, losgr, siglzb, lam

do 10 i=1,anzkla
  do 20 j=1,anzal
    do 30 k=1,anzart(i,j)
      lam = dble(lambda(i))
      losgr = dble(q(i,j))
c      *** Standardprognosefehler ueber die Lieferzeit ***
      siglzb= dble(sigtag(k,i,j) * sqrt(float(lzal(j))))

```

```
c      Aufruf des U.P. Dis3 zur Berechnung des Sicherheitsbestandes
c      ****
      call dis3(losgr, siglzb, lam, fak, sich)

c      Bestellpunktberechnung
c      ****
      b(k,i,j) = int(float(lzal(j)) * ptag(k,i,j) +
*              sngl(sich) + .5)
30      continue
20      continue
10      continue

      return
      end
```

subroutine dis3(losgr, siglzb, lambda, k, sich)

```

*****
*
* Unterprogramm DIS3
* -----
*
* Funktionen: - Berechnung des Sicherheitsbestandes
*              (Fehlmengekosten sind proportional zum Wert der
*              Fehlmenge und zur Fehlzeit)
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****
c
c      k      = Servicefaktor ( $k \geq 0$  / k reell)
c      lambda = Servicegrad
c      losgr  = Losgroesse q (ME)
c      sich   = Sicherheitsbestand (ME)
c      siglzb = Standardfehler der Bedarfsprognose
c              fuer die Wiederbeschaffungszeit (ME)
c
double precision k, sich, losgr, siglzb, a, lambda

a = losgr / siglzb * (1. - lambda)

call servfr(a,k)

sich = k * siglzb

return
end

```

```

subroutine nv(z,phi)

*****
*
* Unterprogramm NV
* -----
*
* Funktionen: - kumulierte Standardnormalverteilung
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablen definitionen
c      *****

c      phi = Wert der kumulierten Standardnormalverteilung
c      z    = standardisierte Merkmalsvariable
c      dichte, t, zplus = Hilfsvariable

      double precision dichte, zplus, z, phi, t

      zplus = dabs(z)

*      Abramowitz/Stegun 26.2.1
*      dichte = 1 / (2*Pi)**1/2 * e ** (-x**2 / 2)
      dichte = .3989422805 * dexp(-zplus*zplus / 2.0)

*      Abramowitz/Stegun 26.2.17
*      t      = 1 / (1 + px)
      t      = 1.0 / (1.0 + .2316419 * zplus)
*      Horner-Schema
      phi     = dichte * t * (((1.330274429 * t - 1.821255978) * t
-      + 1.781477937) * t - 0.356563782) * t + 0.319381530)

      if (z.gt.0) then
        phi = 1 - phi
      endif

      return
      end

```

subroutine servfr(psi,k)

```
*****
*
* Unterprogramm Servfr
* -----
*
* Funktionen: - Berechnung des Servicefaktors
*
*****
```

```
c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****
```

```
c      k = erforderlicher Servicefaktor
c      psi = vorgegebener Wert der Servicefunktion (psi > 0 /
c            Achtung: Nur für psi < 0.39894228 ist der Sicher-
c            heitsbestand positiv. Andernfalls wird k = 0 ge-
c            setzt.
```

```
double precision k, psi, phi, diff1, diff2, psi0, k1
```

```
if (psi.le.0) then
  write (*,*) 'Input fehlerhaft in servfr!'
  go to 99
end if
```

```
if (psi.gt.0.39894228) then
  k = 0.
  go to 99
else if (psi.gt.0.0506) then
  k = (-0.918938534 - dlog(psi)) / 1.566184243
else
  k = (0.493863743 - dlog(psi)) / 2.682529646
end if
```

```
call servfn(k,psi0)
diff1 = psi0 - psi
```

```
c      Die do-Schleife ist als "Notbremse" gedacht.
do 10 i = 1, 10
  call nv(k,phi)
  k1 = k
  k = k1 - diff1 / (phi - 1.0)
  call servfn(k,psi0)
  diff1 = psi0 - psi
  diff2 = k - k1
  if (dabs(diff2).lt.0.0001) go to 99
```

```
10  continue
```

```
99  continue
```

```
return
end
```

subroutine servfn(k,psi)

```
*****
*
* Unterprogramm Servfn
* -----
*
* Funktionen: - Ermittlung des Wertes der Servicefunktion
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****

c      k  = Servicefaktor (k > 0 / k reell)
c      psi = Wert der Servicefunktion

double precision k, kl, psi, dichte, zwiwe

if (k.le.0) then
    write (*,*) 'Input fehlerhaft in servfn!'
    go to 99
end if

kl = -k

*      Abramowitz/Stegun 26.2.1
*      dichte = 1 / (2*Pi)**1/2 * e ** (-x**2 / 2)
*      dichte = .3989422805 * dexp(-k*k / 2.0)

call nv(kl,zwiwe)
psi = dichte - k * zwiwe

99  continue

return
end
```



```

subroutine aussen(maxart,anzkla,anzal,anzart,maxlal,
*           takt,tstart,best,beda,bestd,fehl,
*           back,fehlk,order,b,sorder,q,noral,
*           bestk,backk)

```

```

*****
*
* Unterprogramm Aussen
* -----
*
* Funktionen: - Steuerung AL:
*              - Lieferungen zubuchen
*              - Tagesnachfragen abbuchen
*              - Bestellungen beim ZL
*              - Endbestand kumulieren
*              - Rückstandsverwaltung
*
*****

```

```

C      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
C      *****

```

```

C      ANZAL      : Anzahl Aussenläger
C      ANZART     : Anzahl Artikel in Artikelklasse i u. AL j
C      ANZKLA     : Anzahl Artikelklassen
C      B          : Bestellpunkte AL
C      BACK       : Auftragsrückstände AL
C      BACKK      : kum. Auftragsrückstände AL
C      BEDA       : Endnachfragen
C      BEST       : phys. AL-Bestände
C      BESTD      : disp. AL-Bestände
C      BESTK      : kum. phys. AL-Bestände
C      FEHL       : Fehlmengen AL
C      FEHLK      : kum. Fehlmengen AL
C      I          : Hilfsindex
C      J          : Hilfsindex
C      K          : Hilfsindex
C      MAXART     : max. Anzahl Artikel
C      MAXLAL     : max. Lieferzeit LZ-AL
C      NORAL      : Anzahl Bestellungen pro AL
C      ORDER      : In-Transit-Bestellungen AL
C      Q          : Bestellmengen AL
C      SORDER     : Bestellschalter für AL-Bestellungen
C      TAKT       : akt. Simulationszeit
C      TSTART     : letzte Periode der Simulationsanlaufphase

```

```

C      Typ- und Felddeklarationen
C      *****

```

```

integer anzkla, anzal, maxart, takt, maxlal,
*      tstart, anzart(anzkla,anzal)

```

```

integer beda(maxart,anzkla,anzal),
*      noral(maxart,anzkla,anzal),
*      backk(maxart,anzkla,anzal),
*      best(maxart,anzkla,anzal),
*      bestk(maxart,anzkla,anzal),
*      bestd(maxart,anzkla,anzal)
integer fehl(maxart,anzkla,anzal),
*      back(maxart,anzkla,anzal),
*      fehllk(maxart,anzkla,anzal),
*      b(maxart,anzkla,anzal),
*      sorder(maxart,anzkla,anzal),
*      order(maxart,anzkla,anzal,maxlal)
integer q(anzkla,anzal)

do 10 i=1,anzkla
  do 20 j=1,anzal
    do 30 k=1,anzart(i,j)

c      Lieferungen zubuchen
c      *****

c      *** Zubuchung ***
      best(k,i,j) = best(k,i,j) + order(k,i,j,1)
      if(best(k,i,j).ge.back(k,i,j)) then
c        *** Backorders komplett aufloesen ***
          best(k,i,j) = best(k,i,j) - back(k,i,j)
          back(k,i,j) = 0
      else
c        *** Backorders teilweise aufloesen ***
          back(k,i,j) = back(k,i,j) - best(k,i,j)
          best(k,i,j) = 0
      end if

c      Tagesnachfrage abbuchen
c      *****

c      *** Abbuchung ***
      best(k,i,j) = best(k,i,j) - beda(k,i,j)
      bestd(k,i,j) = bestd(k,i,j) - beda(k,i,j)
      if(best(k,i,j).lt.0) then
c        *** Fehlmenge ***
          fehl(k,i,j) = (-1) * best(k,i,j)
c        *** Backorders ***
          back(k,i,j) = back(k,i,j) + fehl(k,i,j)
          best(k,i,j) = 0
c        *** Kumulieren ***
          if(takt.gt.tstart) then
            fehllk(k,i,j) = fehllk(k,i,j) + fehl(k,i,j)
            backk(k,i,j) = backk(k,i,j) + back(k,i,j)
          end if
      end if
    end do
  end do
end do

```

```
c      Bestellungen beim Zentrallager
c      *****

      if(bestd(k,i,j).le.b(k,i,j)) then
c          *** Bestellpunkt unterschritten ***
          sorder(k,i,j) = 1
          bestd(k,i,j) = bestd(k,i,j) + q(i,j)
          if(takt.gt.tstart) then
              noral(k,i,j) = noral(k,i,j) + 1
          end if
      end if

c      Tagesendbestand kumulieren
c      *****

      if(takt.gt.tstart) then
          bestk(k,i,j) = bestk(k,i,j) + best(k,i,j)
      end if

30      continue
20      continue
10      continue

      return
      end
```

```

subroutine zentral(maxart,anzkla,anzal,anzart,maxlzl,
*               maxlal,takt,tstart,bestz,q,sorder,
*               bestzd,backz,orderz,bests,order,
*               norzl,bestzk,fehlz,bedaz,lzzl,
*               lzal,einlk,im)

```

```

*****
*
* Unterprogramm Zentral
* -----
*
* Funktionen: - Steuerung ZL:
*              - Lieferungen zubuchen
*              - Bestellungen AL abbuchen
*              - Rückstandsverwaltung
*              - Bestellungen beim Lieferanten
*              - Endbestand kumulieren
*
*****

```

```

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****

```

```

c      ANZAL      : Anzahl Aussenläger
c      ANZART     : Anzahl Artikel in Artikelklasse i u. AL j
c      ANZKLA     : Anzahl Artikelklassen
c      BACKZ      : Lieferrückstände ZL
c      BEDAZ      : kum. AL-Nachfragen gegenüber ZL
c      BESTS      : Bestellpunkte ZL
c      BESTZ      : phys. ZL-Bestände
c      BESTZD     : disp. ZL-Bestände
c      BESTZK     : kum. phys. ZL-Bestände
c      EINL       : Einlagerungsmengen ZL
c      EINLK      : kum. Einlagerungsmengen ZL
c      FEHLZ      : kum. Fehlmengen ZL
c      I          : Hilfsindex
c      IM         : Multiplikator der AL-Bestellmengen zur Berechnung der
c                  maximalen Sollbestände
c      J          : Hilfsindex
c      K          : Hilfsindex
c      LZAL       : Lieferzeiten ZL-AL
c      LZZL       : Lieferzeiten Lieferant-ZL
c      M          : Hilfsindex
c      MAXART     : max. Anzahl Artikel
c      MAXLAL     : max. Lieferzeit LZ-AL
c      MAXLZL     : max. Lieferzeit Lieferant-ZL
c      NORZL      : Anzahl Bestellungen ZL
c      ORDER      : In-Transit-Bestellungen AL
c      ORDERZ     : In-Transit-Bestellungen ZL
c      Q          : Bestellmengen AL
c      SORDER     : Bestellschalter für AL-Bestellungen
c      TAKT       : akt. Simulationszeit
c      TSTART     : letzte Periode der Simulationsanlaufphase

```

```

c      Typ- und Felddeklarationen
c      *****

      integer tstart, im(anzkla),
*      anzkla, anzal, maxart, takt, maxlal,
*      maxlzl, anzahl(anzkla,anzal),lzl(anzkla),
*      lzal(anzal)
      integer sorder(maxart,anzkla,anzal),
*      backz(maxart,anzkla,anzal),
*      orderz(maxart,anzkla,maxlzl),
*      order(maxart,anzkla,anzal,maxlal)
      integer q(anzkla,anzal), bestz(maxart,anzkla),
*      bestzd(maxart,anzkla), bestzk(maxart,anzkla),
*      bests(maxart,anzkla), norzl(maxart,anzkla),
*      fehlz(maxart,anzkla), bedaz(maxart,anzkla),
*      einlk(maxart,anzkla), einl(5,3)

c      Lieferungen zubuchen
c      *****

      do 40 j=1,anzkla
        do 50 i=1,anzahl(j,1)
c          *** Zubuchung ***
          bestz(i,j) = bestz(i,j) + orderz(i,j,1)
          einl(i,j) = orderz(i,j,1)
          do 60 k=1,anzal
            einl(i,j) = einl(i,j) - backz(i,j,k)
            if(bestz(i,j).ge.backz(i,j,k)) then
c              *** Backorders komplett aufloesen ***
              bestz(i,j) = bestz(i,j) - backz(i,j,k)
              if(backz(i,j,k).gt.0) then
c                *** Lieferung an AL ausloesen ***
                m= lzal(k) + 1
                order(i,j,k,m) = backz(i,j,k)
                backz(i,j,k) = 0
              end if
            else
c              *** Backorders teilweise aufloesen ***
              backz(i,j,k) = backz(i,j,k) - bestz(i,j)
              if(bestz(i,j).gt.0) then
c                *** Lieferung an AL ausloesen ***
                m= lzal(k) + 1
                order(i,j,k,m) = bestz(i,j)
                bestz(i,j) = 0
              end if
            end if
          end do
        end do
      end do

60      continue
50      continue
40      continue

```

```

c      Tagesnachfrage abbuchen
c      *****

do 10 i=1,anzkla
  do 20 j=1,anzal
    do 30 k=1,anzart(i,j)

c          *** Bestellungen der Aussenlaeger ***
c          if(sorder(k,i,j).eq.1) then
c              *** Abbuchung ***
c              bestz(k,i) = bestz(k,i) - q(i,j)
c              einl(k,i) = einl(k,i) - q(i,j)
c              bestzd(k,i) = bestzd(k,i) - q(i,j)
c              *** Tagesnachfrage ZL kumulieren ***
c              if(takt.gt.tstart) then
c                  bedaz(k,i) = bedaz(k,i) + q(i,j)
c              end if
c              if(bestz(k,i).lt.0) then
c                  *** Fehlmenge ***
c                  backz(k,i,j) = backz(k,i,j) + q(i,j)
c                  if(takt.gt.tstart) then
c                      fehlz(k,i) = fehlz(k,i) + q(i,j)
c                  end if
c                  bestz(k,i) = 0
c              else
c                  *** keine Fehlmenge, Lieferung an AL ***
c                  m = lzal(j) + 1
c                  order(k,i,j,m) = order(k,i,j,m) + q(i,j)
c              end if
c          end if

30      continue
20      continue
10      continue

c      Bestellungen beim Lieferanten
c      *****

do 70 j=1,anzkla
  do 80 i=1,anzart(j,1)

c          if(bestzd(i,j).le.bests(i,j)) then
c              *** Bestellpunkt erreicht oder unterschritten ***
c              m = lzzl(j) + 1
c              *** Bestellung ausloesen ***
c              orderz(i,j,m) = im(j) * q(j,1) - bestzd(i,j)
c              bestzd(i,j) = im(j) * q(j,1)
c              if(takt.gt.tstart.and.orderz(i,j,m).gt.0) then
c                  norzl(i,j) = norzl(i,j) + 1
c              end if
c          end if

80      continue
70      continue

```

```
c      Tagesendbestand ZL u. Einlagerungsmenge kumulieren
c      *****

      if(takt.gt.tstart) then
        do 90 j=1,anzkla
          do 100 i=1,anzart(j,1)
            bestzk(i,j) = bestzk(i,j) + bestz(i,j)
            if(einl(i,j).gt.0) einlk(i,j) = einlk(i,j) + einl(i,j)
100          continue
90        continue
      end if

      return
end
```

```

subroutine ende(maxart,anzkla,anzal,anzart,maxlal,
*          maxlzl,order,orderz,sorder,
*          takt,tstart,send,isend)

*****
*
* Unterprogramm Ende
* -----
*
* Funktionen: - Tagesvariable nullsetzen
*              - Sendungen speichern
*              - Restlieferzeiten fortschreiben
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****

c      ANZAL      : Anzahl Aussenläger
c      ANZART     : Anzahl Artikel in Artikelklasse i u. AL j
c      ANZKLA     : Anzahl Artikelklassen
c      I,J,K,L    : Hilfsindex
c      ISEND      : Hilfsindex
c      MAXART     : max. Anzahl Artikel
c      MAXLAL     : max. Lieferzeit LZ-AL
c      MAXLZL     : max. Lieferzeit Lieferant-ZL
c      ORDER      : In-Transit-Bestellungen AL
c      ORDERZ     : In-Transit-Bestellungen ZL
c      SEND       : Vektor der Sendungen
c      SORDER     : Bestellschalter für AL-Bestellungen
c      SUM, SZ    : Hilfsvariable
c      TAKT       : akt. Simulationszeit
c      TSTART     : letzte Periode der Simulationsanlaufphase

c      Typ- und Felddeklarationen
c      *****

integer*2 send(5000,2)
integer tstart,sum(4),sz,
*      anzkla, anzal, maxart, takt, maxlal,
*      maxlzl, anzart(anzkla,anzal),
*      sorder(maxart,anzkla,anzal),
*      orderz(maxart,anzkla,maxlzl),
*      order(maxart,anzkla,anzal,maxlal)

```



```
c      Nullsetzen
c      *****

      do 1 i=1,anzal
        do 2 j=1,anzkla
          do 3 k=1,maxart
            sorder(k,j,i) = 0
3          continue
2        continue
1      continue

c      Sendungen fuer Transportkostenberechnungen speichern
c      *****

c      *** Sendungen ZL an AL ***
      do 15 j=1,anzal
        sum(j) = 0
15      continue

      do 20 i=1,anzkla
        do 21 j=1,anzal
          do 22 k=1,anzart(i,j)
            sum(j) = sum(j) + order(k,i,j,1)
22          continue
21        continue
20      continue

      if(takt.gt.tstart) then
        do 23 j=1,anzal
          if(sum(j).gt.0) then
            isend = isend + 1
            send(isend,1) = sum(j)
            send(isend,2) = j
          end if
23        continue
      end if

c      *** Sendungen Lieferant an ZL ***
      sz = 0
      do 24 i=1,anzkla
        do 25 j=1,anzart(i,1)
          sz = sz + orderz(j,i,1)
25        continue
24      continue

      if(takt.gt.tstart) then
        if(sz.gt.0) then
          isend = isend + 1
          send(isend,1) = sz
          send(isend,2) = anzal + 1
        end if
      end if
```

```
c      Restlieferzeiten fortschreiben
c      *****

      do 4 i=1,maxart
        do 5 j=1,anzkla
          do 6 k=2,maxlz1
            orderz(i,j,k-1) = orderz(i,j,k)
6          continue
            orderz(i,j,maxlz1) = 0
          do 7 k=1,anzal
            do 8 l=2,maxlal
              order(i,j,k,l-1) = order(i,j,k,l)
8              continue
            order(i,j,k,maxlal) = 0
7          continue
5          continue
4          continue

      return
      end
```

```

subroutine analyse(maxart,anzkla,anzal,anzart,alpha,c,
*          bestk,bestzk,s,noral,norzl,cf3,
*          backk,send,isend,entf,fehlk,bedak,t,
*          tstart,nart,simzeit,fehlz,bedaz,
*          khmehr,einik)

*****
*
* Unterprogramm Analyse
* -----
*
* Funktionen: - Simulationsdauer berechnen
*              - Umrechnungen auf Abrechnungsperiode durchführen
*              - Bestands-, Bestell-, Fehlmengen-, Transportkosten
*              und Lieferbereitschaft berechnen
*
*****

C      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
C      *****

C      AB          : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
C      ALPHA       : Lagerkostensatz
C      ANZAL       : Anzahl Aussenlager
C      ANZART      : Anzahl Artikel in Artikelklasse i u. AL j
C      ANZKLA      : Anzahl Artikelklassen
C      BACKK       : kum. Auftragsrückstände AL
C      BEDAK       : kum. Endnachfragen
C      BEDAZ       : kum. AL-Nachfragen gegenüber ZL
C      BESTK       : kum. phys. AL-Bestände
C      BESTZK      : kum. phys. ZL-Bestände
C      DBACKK      : mittl. Auftragsrückstand AL pro ZE
C      DBESTK      : mittl. phys. Bestand AL
C      DBESTZK     : mittl. phys. Bestand ZL
C      DEINL       : mittl. Einlagerungsmenge ZL pro ZE
C      DNORAL      : Anzahl Bestellungen AL pro ZE
C      DNORZL      : Anzahl Bestellungen ZL pro ZE
C      EINLK       : kum. Einlagerungsmengen ZL
C      ENTf        : Entfernungen ZL-AL und Lieferant-ZL
C      FEHLK       : kum. Fehlmengen AL
C      FEHLZ       : kum. Fehlmengen ZL
C      FG          : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
C      FRA         : Frachtkosten pro Lager
C      FRACHT      : Frachtkosten einer Sendung
C      GEW         : Gewicht einer Sendung
C      GROLL       : Gewichtsgrenze für Rollgeldberechnung
C      GRUPSP      : Gewichtsgrenze zwischen UPS und RKT
C      I,J,K,N     : Hilfsindex
C      ISEND       : Hilfsindex
C      KBACKK      : Fehlmengenkosten pro AP
C      KBESTK      : Bestandskosten AL pro AP
C      KBESTZK     : Bestandskosten ZL pro AP
C      KEINL       : Kommissionier- u. Handlingmehrkosten pro AP
C      KHMEHR      : Kostensatz für Kommissionier- u. Handlingmehrkosten

```

```

c    KNORAL      : Bestellkosten AL pro AP
c    KNORZL      : Bestellkosten ZL pro AP
c    MARGES      : Marge auf RKT-Stückguttarif
c    MARGEW      : Marge auf RKT-Wagenladungstarif
c    MAXART      : max. Anzahl Artikel
c    MAXKAP      : max. Ladegewicht eines LKW
c    NART        : Anzahl Artikel
c    NORAL       : Anzahl Bestellungen pro AL
c    NORZL       : Anzahl Bestellungen ZL
c    OGDOP       : Obergrenze der Frachtopt.
c    S           : Bestellkostensatz
c    SB          : Nachfragesumme im ZL
c    SBED        : Nachfragesumme pro AL
c    SEND        : Vektor der Sendungen
c    SF          : kum. Fehlmenge im ZL
c    SFEHL       : kum. Fehlmenge pro AL
c    SIMZEIT     : Simulationsdauer
c    T           : Simulationsendperiode
c    TAB         : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c    TABR        : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c    TENT        : Tarifentfernung einer Sendung
c    TF          : Parameter zur Berechnung der Transportkosten nach RKT
c    TSTART      : letzte Periode der Simulationsanlaufphase
c    UGDOP       : Obergrenze der Frachtopt.

```

c Typ- und Felddeklarationen

c *****

```

integer*2 send(5000,2)
integer t, tstart, anzkla,anzal,
*      maxart, nart,anzart(anzkla,anzal)
integer noral(maxart,anzkla,anzal),
*      backk(maxart,anzkla,anzal),
*      bedak(maxart,anzkla,anzal),
*      bestk(maxart,anzkla,anzal),
*      fehlk(maxart,anzkla,anzal),
*      bestzk(maxart,anzkla),einkl(maxart,anzkla),
*      norzl(maxart,anzkla),
*      fehlz(maxart,anzkla), bedaz(maxart,anzkla)
real   alpha, c, s, entf(10), khmehr,
*      cf3(anzkla), simzeit
real   l1(20), l2(20), l3(20), l4, l5(20), l6(20),
*      l7, k1(20), d1(20), k2(20), d2(20),
*      k3(20), d3(20), k4, d4, k5(20), d5(20),
*      k6(20), d6(20), k7(20), d7(20), k8, d8,
*      k9(20), d9(20), k10(20), d10(20), k11, d11,
*      k12(20), d12(20), k13(20), d13(20), k14,d14,
*      k15(20), d15(20), k16(20), d16(20),
*      k17(20), d17(20), k18, d18, k19(20), d19(20),
*      k20(20), d20(20), k21, d21, k22(20), d22(20)

```

```

      real    k23(20), d23(20), k24, d24, k25(20), d25(20),
*           k26(20), d26(20), k27(20), d27(20), k28, d28,
*           k29(20), d29(20), k30, d30, k31, d31, k32, d32,
*           k33(20), k34, k35, k36, d37, k37, d38(20), k38(20),
*           d39(20), k39(20)
      real    grupsp, ugdop, ogdop, groll, maxkap, tab(20,4), marges,
*           margew, tf(50,5), tabr(100,2), ab(10,3), cw(6,2)
      integer fg(40,2), nsend(10)
      real    fra(10), sbed(10), sfehl(10)
      real    dbestk(5,3,4), dbestzk(5,3),
*           kbestk(5,3,4), kbestzk(5,3),
*           knorzl(5,3), dnorzl(5,3),
*           dnoral(5,3,4), deinl(5,3),
*           knoral(5,3,4), keinkl(5,3),
*           dbackk(5,3,4),
*           kbackk(5,3,4)
      common /transp/ grupsp,ugdop,ogdop,groll,maxkap,tab,marges,
*           margew,tf,tabr,ab,cw,fg
      common /kosten/ l1,l2,l3,l4,l5,l6,l7,d1,d2,d3,d4,d5,d6,d7,d8,d9,
*           d10,d11,d12,d13,d14,d15,d16,d17,d18,d19,d20,d21,
*           d22,d23,d24,d25,d26,d27,d28,d29,d30,d31,d32,d37,
*           d38,d39,
*           k1,k2,k3,k4,k5,k6,k7,k8,k9,
*           k10,k11,k12,k13,k14,k15,k16,k17,k18,k19,k20,k21,
*           k22,k23,k24,k25,k26,k27,k28,k29,k30,k31,k32,
*           k33,k34,k35,k36,k37,k38,k39

      simzeit = float(t - tstart)

c      Bestandskosten      (d = durch. Bestand pro Tag)
c      *****

c      *** Umrechnen auf 1 Jahr ***
      do 1 i=1,anzkla
        do 2 j=1,anzal
          do 3 k=1,anzart(i,j)
            dbestk(k,i,j) = float(bestk(k,i,j)) / simzeit
            kbestk(k,i,j) = dbestk(k,i,j) * alpha * c * 250.
3          continue
2        continue
1      continue

      do 4 i=1,anzkla
        do 5 j=1,anzart(i,1)
          dbestzk(j,i) = float(bestzk(j,i)) / simzeit
          kbestzk(j,i) = dbestzk(j,i) * alpha * c * 250.
5        continue
4      continue

```

```

c   *** Bestandskosten Aussenlager ***
    d4 = 0
    k4 = 0
    do 6 i=1,anzal
        ki(i) = 0
        dl(i) = 0
        do 7 j=1,anzkla
            do 8 k=1,anzart(j,i)
                kl(i) = kl(i) + kbestk(k,j,i)
                dl(i) = dl(i) + dbestk(k,j,i)
8          continue
7          continue
          k4 = k4 + kl(i)
          d4 = d4 + dl(i)
6        continue

    do 9 i=1,anzkla
        k2(i) = 0
        d2(i) = 0
        do 10 j=1,anzal
            do 11 k=1,anzart(i,j)
                k2(i) = k2(i) + kbestk(k,i,j)
                d2(i) = d2(i) + dbestk(k,i,j)
11          continue
10         continue
9         continue

    n = 0
    do 12 i=1,anzkla
        do 13 j=1,anzart(i,1)
            n = n+1
            k3(n) = 0
            d3(n) = 0
            do 14 k=1,anzal
                k3(n) = k3(n) + kbestk(j,i,k)
                d3(n) = d3(n) + dbestk(j,i,k)
14          continue
13         continue
12        continue

c   *** Bestandskosten Zentrallager ***
    dl1 = 0
    kl1 = 0
    do 15 i=1,anzkla
        k9(i) = 0
        d9(i) = 0
        do 16 j=1,anzart(i,1)
            k9(i) = k9(i) + kbestzk(j,i)
            d9(i) = d9(i) + dbestzk(j,i)
16        continue
          dl1 = dl1 + d9(i)
          kl1 = kl1 + k9(i)
15        continue

```

```
n = 0
do 17 i=1,anzkla
  do 18 j=1,anzart(i,1)
    n=n + 1
    k10(n) = kbestzk(j,i)
    d10(n) = dbestzk(j,i)
18   continue
17   continue

c   *** Bestandskosten-Summen ***
do 19 i=1,anzkla
  k12(i) = k2(i) + k9(i)
  d12(i) = d2(i) + d9(i)
19   continue

  do 20 i=1,n
    k13(i) = k3(i) + k10(i)
    d13(i) = d3(i) + d10(i)
20   continue

  k14 = k4 + k11
  d14 = d4 + d8 + d11

c   ===== Ende Bestandskosten =====

c   Bestellkosten          (d = Anzahl Bestellungen p.J.)
c   *****

c   *** Umrechnen auf 1 Jahr ***
do 201 i=1,anzkla
  do 202 j=1,anzal
    do 203 k=1,anzart(i,j)
      dnoral(k,i,j) = float(noral(k,i,j)) / simzeit
      knoral(k,i,j) = dnoral(k,i,j) * s * 250.
203   continue
202   continue
201   continue

  do 204 i=1,anzkla
    do 205 j=1,anzart(i,1)
      dnorzl(j,i) = float(norzl(j,i)) / simzeit
      knorzl(j,i) = dnorzl(j,i) * s * 250.
205   continue
204   continue

c   *** Bestellkosten Aussenlager ***
d18= 0
k18= 0
do 206 i=1,anzal
  k15(i) = 0
  d15(i) = 0
  do 207 j=1,anzkla
    do 208 k=1,anzart(j,i)
      k15(i) = k15(i) + knoral(k,j,i)
```

```

                d15(i) = d15(i) + dnoral(k,j,i)
208      continue
207      continue
          k18= k18+ k15(i)
          d18= d18+ d15(i)
206  continue

      do 209 i=1,anzkla
          k16(i) = 0
          d16(i) = 0
          do 210 j=1,anzal
              do 211 k=1,anzart(i,j)
                  k16(i) = k16(i) + knoral(k,i,j)
                  d16(i) = d16(i) + dnoral(k,i,j)
211          continue
210      continue
209  continue

      n = 0
      do 212 i=1,anzkla
          do 213 j=1,anzart(i,1)
              n = n+1
              k17(n) = 0
              d17(n) = 0
              do 214 k=1,anzal
                  k17(n) = k17(n) + knoral(j,i,k)
                  d17(n) = d17(n) + dnoral(j,i,k)
214          continue
213      continue
212  continue

c      *** Bestellkosten Zentrallager ***
      d21 = 0
      k21 = 0
      do 215 i=1,anzkla
          k19(i) = 0
          d19(i) = 0
          do 216 j=1,anzart(i,1)
              k19(i) = k19(i) + knorz1(j,i)
              d19(i) = d19(i) + dnorz1(j,i)
216          continue
          d21 = d21 + d19(i)
          k21 = k21 + k19(i)
215  continue

      n = 0
      do 217 i=1,anzkla
          do 218 j=1,anzart(i,1)
              n=n + 1
              k20(n) = knorz1(j,i)
              d20(n) = dnorz1(j,i)
218          continue
217  continue
```



```

c      *** Bestellkosten-Summen ***
      do 219 i=1,anzkla
            k22(i) = k16(i) + k19(i)
            d22(i) = d16(i) + d19(i)
219      continue

      do 220 i=1,n
            k23(i) = k17(i) + k20(i)
            d23(i) = d17(i) + d20(i)
220      continue

      k24 = k18+ k21
      d24 = d18+ d21

c      ===== Ende Bestellkosten =====

c      Kommissionier- u. Handlingmehrkosten (d = durch. Einlagerungsmenge)
c      *****

c      *** Umrechnen auf 1 Jahr ***

      do 400 i=1,anzkla
            do 401 k=1,anzart(i,1)
                  deinl(k,i) = float(einlk(k,i)) / simzeit
                  keinl(k,i) = deinl(k,i) / 1000. * khmehr * 250.
401      continue
400      continue

c      *** Zentrallager = Gesamtsystem ***
      d37 = 0
      k37 = 0
      do 402 i=1,anzkla
            k38(i) = 0
            d38(i) = 0
            do 403 j=1,anzart(i,1)
                  k38(i) = k38(i) + keinl(j,i)
                  d38(i) = d38(i) + deinl(j,i)
403      continue
            d37 = d37 + d38(i)
            k37 = k37 + k38(i)
402      continue

      n = 0
      do 404 i=1,anzkla
            do 405 j=1,anzart(i,1)
                  n=n + 1
                  k39(n) = keinl(j,i)
                  d39(n) = deinl(j,i)
405      continue
404      continue

c      ===== Ende Kommissionier- u. Handlingmehrkosten =====

```

```
c      Fehlmengenkosten                (d = durch. Fehlmenge p. Tag)
c      *****

c      *** Umrechnen auf 1 Jahr ***
      do 301 i=1,anzkla
        do 302 j=1,anzal
          do 303 k=1,anzart(i,j)
            dbackk(k,i,j) = float(backk(k,i,j)) / simzeit
            kbackk(k,i,j) = dbackk(k,i,j) * cf3(i) * c * 250.
303      continue
302      continue
301      continue

c      *** Fehlmengenkosten Aussenlager = Gesamtsystem ***
      d28= 0
      k28= 0
      do 306 i=1,anzal
        k25(i) = 0
        d25(i) = 0
        do 307 j=1,anzkla
          do 308 k=1,anzart(j,i)
            k25(i) = k25(i) + kbackk(k,j,i)
            d25(i) = d25(i) + dbackk(k,j,i)
308      continue
307      continue
        k28= k28+ k25(i)
        d28= d28+ d25(i)
306      continue

      do 309 i=1,anzkla
        k26(i) = 0
        d26(i) = 0
        do 310 j=1,anzal
          do 311 k=1,anzart(i,j)
            k26(i) = k26(i) + kbackk(k,i,j)
            d26(i) = d26(i) + dbackk(k,i,j)
311      continue
310      continue
309      continue

      n = 0
      do 312 i=1,anzkla
        do 313 j=1,anzart(i,1)
          n = n+1
          k27(n) = 0
          d27(n) = 0
          do 314 k=1,anzal
            k27(n) = k27(n) + kbackk(j,i,k)
            d27(n) = d27(n) + dbackk(j,i,k)
314      continue
313      continue
312      continue
```

```
c ===== Ende Fehlmengenkosten =====

c      Transportkosten              (d = Anzahl Sendungen p.J.)
c      *****

      do 100 i=1,anzal + 1
          fra(i) = 0.
          nsend(i) = 0
100    continue

c      *** Frachtberechnungen ***
      do 101 i=1,isend
          nsend(send(i,2)) = nsend(send(i,2)) + 1
          gew = float(send(i,1))
          tent = entf(send(i,2))

          call trans(tent,gew,fracht)

          fra(send(i,2)) = fra(send(i,2)) + fracht
101    continue

c      *** Frachtkosten Aussenlager ***
      k30 = 0.
      d30 = 0.
      do 102 i=1,anzal
          k29(i) = fra(i) / simzeit * 250.
          d29(i) = float(nsend(i)) / simzeit * 250.
          k30 = k30 + k29(i)
          d30 = d30 + d29(i)
102    continue

c      *** Frachtkosten Zentrallager ***
      k31 = fra(anzal+1) / simzeit * 250.
      d31 = float(nsend(anzal+1)) / simzeit * 250.

c      *** Frachtkosten-Summen ***
      k32 = k30 + k31
      d32 = d30 + d31

c ===== Ende Transportkosten =====

c      Gesamtkostensummen
c      *****

      do 110 i=1,anzal
          k33(i) = k1(i) + k15(i) + k25(i) + k29(i)
110    continue

      k34 = 0
      do 111 i=1,anzal
          k34 = k34 + k33(i)
111    continue
```

```
k35 = k11 + k21 + k31 + k37
k36 = k34 + k35

c ===== Ende Gesamtkostensummen =====

c Servicegrad
c *****

c *** Servicegrad Aussenlager = Gesamtsystem ***
  sb = 0
  sf = 0
  do 120 i=1,anzal
    sbed(i) = 0.
    sfehl(i) = 0.
    do 121 j=1,anzkla
      do 122 k=1,anzart(j,i)
        sbed(i) = sbed(i) + bedak(k,j,i)
        sfehl(i) = sfehl(i) + feh1k(k,j,i)
122      continue
121    continue
    l1(i) = 1. - sfehl(i) / sbed(i)
    sb = sb + sbed(i)
    sf = sf + sfehl(i)
120  continue
  14 = 1. - sf / sb

  do 123 i=1,anzkla
    sbed(i) = 0.
    sfehl(i) = 0.
    do 124 j=1,anzal
      do 125 k=1,anzart(i,j)
        sbed(i) = sbed(i) + bedak(k,i,j)
        sfehl(i) = sfehl(i) + feh1k(k,i,j)
125      continue
124    continue
    l2(i) = 1. - sfehl(i) / sbed(i)
123  continue

  n = 0
  do 126 i=1,anzkla
    do 127 j=1,anzart(i,1)
      n = n+1
      sbed(n) = 0
      sfehl(n) = 0
      do 128 k=1,anzal
        sbed(n) = sbed(n) + bedak(j,i,k)
        sfehl(n) = sfehl(n) + feh1k(j,i,k)
128      continue
    13(n) = 1. - sfehl(n) / sbed(n)
127    continue
126  continue
```

```
c    *** Servicegrad Zentrallager ***
      sb = 0
      sf = 0
      do 129 i=1,anzkla
        sbed(i) = 0.
        sfehl(i) = 0.
        do 130 j=1,anzart(i,1)
          sbed(i) = sbed(i) + bedaz(j,i)
          sfehl(i) = sfehl(i) + fehlz(j,i)
130      continue
        l5(i) = 1. - sfehl(i) / sbed(i)
        sb = sb + sbed(i)
        sf = sf + sfehl(i)
129    continue
      l7 = 1. - sf / sb

      n = 0
      do 131 i=1,anzkla
        do 132 j=1,anzart(i,1)
          n = n+1
          l6(n) = 1. - float(fehlz(j,i)) / float(bedaz(j,i))
132      continue
131    continue

c    *** Ende Servicegrad ***

      return
      end
```

```

subroutine ausgabe(anzkla,anzal,nart,anzart,my,sigma,lzal,
*          lzzl,lambda,alpha,c,s,cf3,entf,t,tstart,
*          simzeit,q,isys,maxart,khmehr)

*****
*
* Unterprogramm Ausgabe
* -----
*
* Funktionen: - Ausgabe der Simulationsergebnisse
*
*****

c      Index-, Parameter- und Variablendefinitionen
c      *****

c      ALPHA      : Lagerkostensatz
c      ANZAL      : Anzahl Aussenläger
c      ANZART     : Anzahl Artikel in Artikelklasse i u. AL j
c      ANZKLA     : Anzahl Artikelklassen
c      C          : Einstandspreis
c      CF3        : Fehlmengenkostensätze
c      ENTF       : Entfernungen ZL-AL und Lieferant-ZL
c      GROLL      : Gewichtsgrenze für Rollgeldberechnung
c      GRUPSP     : Gewichtsgrenze zwischen UPS und RKT
c      ISYS       : Systemnummer
c      I,J,K,L    : Hilfsindex
c      KHMEHR     : Kostensatz für Kommissionier- u. Handlingmehrkosten
c      LAMBDA     : Soll-Lieferbereitschaften
c      LZAL       : Lieferzeiten ZL-AL
c      LZZL       : Lieferzeiten Lieferant-ZL
c      MARGES     : Marge auf RKT-Stückguttarif
c      MARGEW     : Marge auf RKT-Wagenladungstarif
c      MAXART     : max. Anzahl Artikel
c      MAXKAP     : max. Ladegewicht eines LKW
c      MY         : Mittelwerte der Nachfrageverteilungen
c      NART       : Anzahl Artikel
c      OGDOP      : Obergrenze der Frachtopt.
c      Q          : Bestellmengen AL
c      S          : Bestellkostensatz
c      SIGMA      : Standardabweichungen der Nachfrageverteilungen
c      SIMZEIT    : Simulationsdauer
c      T          : Simulationsendperiode
c      TSTART     : letzte Periode der Simulationsanlaufphase
c      UGDOP      : Obergrenze der Frachtopt.

c      Typ- und Felddeklarationen
c      *****

integer anzkla,anzal, lzzl(anzkla),
*      t, tstart, anzart(anzkla,anzal), lzal(anzal)
integer q(anzkla,anzal)

```

```

      real    my(anzkla,anzal), sigma(anzkla,anzal), lambda(anzkla),
*           alpha, c, s, durch, dsgal, dsgzl, durchs(4),
*           cf3(anzkla), entf(10), simzeit, dsgew(4),
*           khmehr
      real    l1(20), l2(20), l3(20), l4, l5(20), l6(20),
*           l7, k1(20), d1(20), k2(20), d2(20),
*           k3(20), d3(20), k4, d4, k5(20), d5(20),
*           k6(20), d6(20), k7(20), d7(20), k8, d8,
*           k9(20), d9(20), k10(20), d10(20), k11, d11,
*           k12(20), d12(20), k13(20), d13(20), k14,d14,
*           k15(20), d15(20), k16(20), d16(20),
*           k17(20), d17(20), k18, d18, k19(20), d19(20),
*           k20(20), d20(20), k21, d21, k22(20), d22(20)
      real    k23(20), d23(20), k24, d24, k25(20), d25(20),
*           k26(20), d26(20), k27(20), d27(20), k28, d28,
*           k29(20), d29(20), k30, d30, k31, d31, k32, d32,
*           k33(20), k34, k35, k36, d37, k37, d38(20), k38(20),
*           d39(20), k39(20)
      real    grupsp, ugdop, ogdop, groll, maxkap, tab(20,4), marges,
*           margew, tf(50,5), tabr(100,2), ab(10,3), cw(6,2)
      integer fg(40,2)
      common /transp/ grupsp,ugdop,ogdop,groll,maxkap,tab,marges,
*           margew,tf,tabr,ab,cw,fg
      common /kosten/ l1,l2,l3,l4,l5,l6,l7,d1,d2,d3,d4,d5,d6,d7,d8,d9,
*           d10,d11,d12,d13,d14,d15,d16,d17,d18,d19,d20,d21,
*           d22,d23,d24,d25,d26,d27,d28,d29,d30,d31,d32,d37,
*           d38,d39,
*           k1,k2,k3,k4,k5,k6,k7,k8,k9,
*           k10,k11,k12,k13,k14,k15,k16,k17,k18,k19,k20,k21,
*           k22,k23,k24,k25,k26,k27,k28,k29,k30,k31,k32,
*           k33,k34,k35,k36,k37,k38,k39

c      Ausgabe der Inputdaten
c      *****

      write(l1,1) isys
1      format(10x,'SYSTEM NR. ',i3/10x,14('*')///)
      write(l1,13)

13     format(10x,'INPUTDATEN'/10x,'=====')///
      write(l1,2)
2      format(10x,'Simulationszeitraum:'/10x,20('=')//)
      write(l1,3) simzeit,tstart
3      format(10x,'Simulationsdauer:',f8.0,' Tage ' /
*           10x,'Zusaetzliche Anlaufphase:',i5,' Tage'//)
      write(l1,4)
4      format(10x,'Allgemeine Systemdaten:'/10x,23('=')//)
      write(l1,5) anzal,anzkla,((anzart(i,j),j=1,anzal),i=1,anzkla)
5      format(10x,'Das System besteht aus einem Zentrallager und',i3,
*           ' Aussenlaegern. '/10x,'Anzahl der Artikelklassen:',
*           i5/10x,'Anzahl der Artikel in Artikelklasse (=Zeile)',
*           ' und Aussenlager (=Spalte):'/3(10x,4i8)///)

```

```

        write(11,6)
6      format(10x,'Nachfragedaten:'/10x,15('='))
        write(11,7) ((my(i,j),j=1,anzal),i=1,anzkla),
*      ((sigma(i,j),j=1,anzal),i=1,anzkla)
7      format(10x,'Die Nachfrage nach den einzelnen Artikeln ist',
*      ' normalverteilt.'/10x,'Die Parameter der Normal',
*      'verteilungen (ME/Tag) fuer die Artikelklassen (=Zeilen)',
*      ' und die Aussenlager (=Spalten) lauten:'/10x,
*      'Mittelwert:',3(t40,4f8.0/),10x,
*      'Standardabweichung:',3(t40,4f8.0/))
        write(11,8)
8      format(10x,'Lieferzeiten (Tage):'/10x,20('='))
        write(11,9) (lzal(i),i=1,anzal),(lzzl(i),i=1,anzkla)
9      format(10x,'ZL - AL(i):',t42,4i8/10x,
*      'Lieferant - ZL in Artikelklasse(i):',t50,3i8//)
        write(11,10)
10     format(10x,'Servicegrad:'/10x,12('='))
        write(11,11) (lambda(i),i=1,anzkla)
11     format(10x,'Servicegrad-Vorgabe pro Artikelklasse(i):',5x,
*      3f10.2//)
        write(11,12)
12     format(//10x,'Kostendaten:'/10x,12('='))
        write(11,14) alpha,c,s,khmehr,
*      (cf3(i),i=1,anzkla),grupsp,groll,
*      maxkap,marges,margew,(entf(i),i=1,anzal+1)
14     format(
*      10x,'Lagerkostensatz (DM / DM Bestandswert u. Tag): ',f14.7,
*      /10x,'Einstandspreis (DM / ME): ',f8.1,
*      /10x,'Bestellkostensatz (DM / Bestellung): ',f8.1,
*      /10x,'Kostensatz fuer Kommissionier- u. Handlingmehrkosten',
*      ' (DM / 1000 eingelagerte ME):',f8.1,
*      /10x,'Fehlmenge Kostensatz pro Artikelklasse (DM / DM ',
*      'Fehlmenge u. Tag Fehlzeit): ',
*      /10x,3f14.7,
*      /10x,'Grenze zwischen UPS und RKT (kg): ',f8.1,
*      /10x,'Grenze, bis zu der Rollgeld zu zahlen ist (kg):',f8.1,
*      /10x,'Max. Ladegewicht eines LKW (kg): ',f8.1,
*      /10x,'Marge im RKT-Stueckguttarif (Prozent): ',f8.1,
*      /10x,'Marge im RKT-Wagenladungstarif (Prozent): ',f8.1,
*      /10x,'Entfernungen der Aussenlager vom ZL (km): ',4f8.1,
*      /10x,'Entfernung des Lieferanten vom ZL (km): ',f8.1//)

        durch = 0.
        do 200 i=1,anzal
            durchs(i) = 0.
            do 201 j=1,anzkla
                durchs(i) = durchs(i) + my(j,i) * anzart(j,i) * 250.
201            continue
            durch = durch + durchs(i)
            dsgew(i) = durchs(i) / d29(i)
200        continue
        dsgal = durch / d30
        dsgzl = durch / d31

```



```

write(11,15)
15  format(10x,'ERGEBNISSE'/10x,'=====')//)
    write(11,202) (durchs(i),i=1,anzal), durch
202  format(10x,
*    'Der Jahresdurchsatz (kg) fuer Aussenlager(i) betraegt: '/
*    t40,4f12.1/10x,
*    'Der Jahresdurchsatz (kg) im Gesamtsystem betraegt: ',f12.1//)
    write(11,100) ((q(i,j),j=1,anzal),i=1,anzkla)
100  format(10x,
*
*          'Die Bestellmengen',
*    ' fuer die Artikelklassen (=Zeilen)',
*    ' und die Aussenlager (=Spalten) lauten: '/10x,
*
*          3(t40,4i8//)
    write(11,16)
16  format(10x,'Bestandskosten: '/10x,15('='))
    write(11,17) (d1(i),i=1,anzal), (d2(i),i=1,anzkla),
*                (d3(i),i=1,nart),d4,
*                (k1(i),i=1,anzal), (k2(i),i=1,anzkla),
*                (k3(i),i=1,nart),k4
17  format(10x,'*** Aussenlagerebene: ***'/10x,
*    'durch. Bestand pro Aussenlager: ',4f13.2/10x,
*    'durch. Bestand pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*    'durch. Bestand pro Artikel: ',5f13.2/43x,5f13.2/10x,
*    'durch. Bestand alle Aussenlager: ', f13.2/10x,
*    'durch. Kosten pro Aussenlager: ',4f13.2/10x,
*    'durch. Kosten pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*    'durch. Kosten pro Artikel: ',5f13.2/43x,5f13.2/10x,
*    'durch. Kosten alle Aussenlager: ', f13.2//)
    write(11,19) (d9(i),i=1,anzkla),
*                (d10(i),i=1,nart),d11,
*                (k9(i),i=1,anzkla),
*                (k10(i),i=1,nart),k11
19  format(10x,'*** Zentrallagerebene: ***'/10x,
*    'durch. Bestand pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*    'durch. Bestand pro Artikel: ',5f13.2/43x,5f13.2/10x,
*    'durch. Bestand Zentrallager: ', f13.2/10x,
*    'durch. Kosten pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*    'durch. Kosten pro Artikel: ',5f13.2/43x,5f13.2/10x,
*    'durch. Kosten Zentrallager: ', f13.2//)
    write(11,20) (d12(i),i=1,anzkla), (k12(i),i=1,anzkla),
*                (d13(i),i=1,nart), (k13(i),i=1,nart),
*                d14,k14
20  format(10x,'*** Gesamtsystemebene: ***'/10x,
*    'durch. Bestand pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*    'durch. Kosten pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*    'durch. Bestand pro Artikel: ',5f13.2/43x,5f13.2/10x,
*    'durch. Kosten pro Artikel: ',5f13.2/43x,5f13.2/10x,
*    'durch. Bestand Gesamtsystem: ', f13.2/10x,
*    'durch. Kosten Gesamtsystem: ', f13.2//)
    write(11,21)
21  format(10x,'Bestellkosten: '/10x,14('='))

```

```

write(11,22) (d15(i),i=1,anzal),(d16(i),i=1,anzkla),
*      (d17(i),i=1,nart),d18,
*      (k15(i),i=1,anzal),(k16(i),i=1,anzkla),
*      (k17(i),i=1,nart),k18
22  format(10x,'*** Aussenlagerebene: ***'/10x,
*      'Anz. Bestellungen pro Aussenlager: ',4f13.2/10x,
*      'Anz. Bestellungen pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*      'Anz. Bestellungen pro Artikel: ',5f13.2/46x,5f13.2/10x,
*      'Anz. Bestellungen alle Aussenlager: ', f13.2//10x,
*      'durch. Kosten pro Aussenlager: ',4f13.2/10x,
*      'durch. Kosten pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*      'durch. Kosten pro Artikel: ',5f13.2/46x,5f13.2/10x,
*      'durch. Kosten alle Aussenlager: ', f13.2//)
write(11,23) (d19(i),i=1,anzkla),
*      (d20(i),i=1,nart),d21,
*      (k19(i),i=1,anzkla),
*      (k20(i),i=1,nart),k21
23  format(10x,'*** Zentrallagerebene: ***'/10x,
*      'Anz. Bestellungen pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*      'Anz. Bestellungen pro Artikel: ',5f13.2/46x,5f13.2/10x,
*      'Anz. Bestellungen Zentrallager: ', f13.2//10x,
*      'durch. Kosten pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*      'durch. Kosten pro Artikel: ',5f13.2/46x,5f13.2/10x,
*      'durch. Kosten Zentrallager: ', f13.2//)
write(11,24) (d22(i),i=1,anzkla),(k22(i),i=1,anzkla),
*      (d23(i),i=1,nart),(k23(i),i=1,nart),
*      d24,k24
24  format(10x,'*** Gesamtsystemebene: ***'/10x,
*      'Anz. Bestellungen pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*      'durch. Kosten pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*      'Anz. Bestellungen pro Artikel: ',5f13.2/46x,5f13.2/10x,
*      'durch. Kosten pro Artikel: ',5f13.2/46x,5f13.2/10x,
*      'Anz. Bestellungen Gesamtsystem: ', f13.2/10x,
*      'durch. Kosten Gesamtsystem: ', f13.2//)
write(11,40)
40  format(10x,'Kommissionier- u. Handlingsmehrkosten: '/10x,38('='))
write(11,41) (d38(i),i=1,anzkla),
*      (d39(i),i=1,nart),d37,
*      (k38(i),i=1,anzkla),
*      (k39(i),i=1,nart),k37
41  format(10x,'*** Zentrallagerebene (= Gesamtsystem): ***'/10x,
*      'Einlagerungsmenge pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*      'Einlagerungsmenge pro Artikel: ',5f13.2/46x,5f13.2/10x,
*      'Einlagerungsmenge Zentrallager: ', f13.2//10x,
*      'durch. Kosten pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*      'durch. Kosten pro Artikel: ',5f13.2/46x,5f13.2/10x,
*      'durch. Kosten Zentrallager: ', f13.2//)
write(11,25)
25  format(10x,'Fehlmengenkosten: '/10x,17('='))
write(11,26) (d25(i),i=1,anzal),(d26(i),i=1,anzkla),
*      (d27(i),i=1,nart),d28,
*      (k25(i),i=1,anzal),(k26(i),i=1,anzkla),
*      (k27(i),i=1,nart),k28

```

```

26  format(10x,'*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***'/10x,
*   'durch. Fehlmenge pro Aussenlager: ',4f13.2/10x,
*   'durch. Fehlmenge pro Artikelklasse:',3f13.2/10x,
*   'durch. Fehlmenge pro Artikel: ',5f13.2/45x,5f13.2/10x,
*   'durch. Fehlmenge Gesamtsystem: ', f13.2//10x,
*   'durch. Kosten pro Aussenlager: ',4f13.2/10x,
*   'durch. Kosten pro Artikelklasse: ',3f13.2/10x,
*   'durch. Kosten pro Artikel: ',5f13.2/45x,5f13.2/10x,
*   'durch. Kosten Gesamtsystem: ', f13.2//)
      write(11,27)
27  format(10x,'Transportkosten:'/10x,15('='))
      write(11,28) (d29(i),i=1,anzal),(dsgew(i),i=1,anzal),
*                  d30,dsgal,
*                  (k29(i),i=1,anzal),
*                  k30
28  format(10x,'*** Aussenlagerebene: ***'/10x,
*   'Anz. Sendungen pro Aussenlager: ',4f13.2/10x,
*   'durch. Sendungsgewicht pro AL (kg) : ',4f13.2/10x,
*   'Anz. Sendungen alle Aussenlager: ', f13.2//10x,
*   'durch. Sendungsgewicht alle AL (kg): ', f13.2//10x,
*   'durch. Kosten pro Aussenlager: ',4f13.2/10x,
*   'durch. Kosten alle Aussenlager: ', f13.2//)
      write(11,29) d31,dsgz1,k31
29  format(10x,'*** Zentrallagerebene: ***'/10x,
*   'Anz. Sendungen Zentrallager: ', f13.2//10x,
*   'durch. Sendungsgewicht Z1 (kg): ', f13.2//10x,
*   'durch. Kosten Zentrallager: ', f13.2//)
      write(11,30) d32,k32
30  format(10x,'*** Gesamtsystemebene: ***'/10x,
*   'Anz. Sendungen Gesamtsystem: ', f13.2/10x,
*   'durch. Kosten Gesamtsystem: ', f13.2//)
      write(11,31)
31  format(10x,'Gesamtkosten:'/10x,13('='))
      write(11,32) (k33(i),i=1,anzal),k34
32  format(10x,'*** Aussenlagerebene: ***'/10x,
*   'durch. Kosten pro Aussenlager: ',4f13.2/10x,
*   'durch. Kosten alle Aussenlager: ', f13.2//)
      write(11,33) k35
33  format(10x,'*** Zentrallagerebene: ***'/10x,
*   'durch. Kosten Zentrallager: ', f13.2//)
      write(11,34) k36
34  format(10x,'*** Gesamtsystemebene: ***'/10x,
*   'durch. Kosten Gesamtsystem: ', f13.2////)
      write(11,35)
35  format(10x,'Servicegrad:'/10x,12('='))
      write(11,36) (l1(i),i=1,anzal),(l2(i),i=1,anzkla),
*                  (l3(i),i=1,nart),l4
36  format(10x,'*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***'/10x,
*   'Servicegrad pro Aussenlager: ',4f13.5/10x,
*   'Servicegrad pro Artikelklasse:',3f13.5/10x,
*   'Servicegrad pro Artikel: ',5f13.5/40x,5f13.5/10x,
*   'Servicegrad alle Aussenlager: ', f13.5//)

```

```
        write(11,37) (15(i),i=1,anzkla),
*          (16(i),i=1,nart),17
37  format(10x,'*** Zentrallagerebene: ***'/10x,
*    'Servicegrad pro Artikelklasse:',3f13.5/10x,
*    'Servicegrad pro Artikel:      ',5f13.5/40x,5f13.5/10x,
*    'Servicegrad Zentrallager:     ', f13.5//)

return
end
```

SYSTEM NR. 14

INPUTDATEN

Simulationszeitraum:

Simulationsdauer: 2500. ZE
Zusaetzliche Anlaufphase: 50 ZE

Allgemeine Systemdaten:

Das System besteht aus einem Zentrallager und 4 Aussenlaegern.
Anzahl der Artikelklassen: 3
Anz. der Artikel in Artikelkl. (=Zeile) und Aussenlager (=Spalte):

2	2	2	2
3	3	3	3
5	5	5	5

Nachfragedaten:

Die Nachfrage nach den einzelnen Artikeln ist normalverteilt.
Die Parameter der Normalverteilungen (ME/ZE) fuer die Artikelkl.
(=Zeilen) und die Aussenlaeger (=Spalten) lauten:

Mittelwert:	160.	160.	160.	160.
	20.	20.	20.	20.
	4.	4.	4.	4.
Standardabweichung:	40.	40.	40.	40.
	5.	5.	5.	5.
	1.	1.	1.	1.

Lieferzeiten (ZE):

ZL - AL(i): 2 2 2 2
Lieferant - ZL in Artikelklasse(j): 1 2 5

Servicegrad:

=====

Servicegrad-Vorgabe pro Artikelkl.(j): 0.99 0.99 0.99

Kostendaten:

=====

Lagerkostensatz (GE / GE Bestandswert u. ZE): 0.00064
 Einstandspreis (GE / ME): 50.0
 Bestellkostensatz (GE / Bestellung): 10.0
 Kostensatz fuer Kommissionier- u. Handlingmehrkosten
 (GE / 1000 eingelagerte ME): 30.0
 Fehlmengenkostensatz (GE / GE Fehlmenge u. ZE Fehlzeit):
 Artikelklasse 1: 0.06336
 Artikelklasse 2: 0.06336
 Artikelklasse 3: 0.06336
 Grenze zwischen UPS und RKT (kg): 20.0
 Grenze, bis zu der Rollgeld zu zahlen ist (kg): 3000.0
 Max. Ladegewicht eines LKW (kg): 10000.0
 Marge im RKT-Stueckguttarif (Prozent): 8.5
 Marge im RKT-Wagenladungstarif (Prozent): 8.5
 Entfernung des AL 1 vom ZL (km): 250.0
 Entfernung des AL 2 vom ZL (km): 250.0
 Entfernung des AL 3 vom ZL (km): 250.0
 Entfernung des AL 4 vom ZL (km): 250.0
 Entfernung des Lieferanten vom ZL (km): 200.0

ERGEBNISSE ZU SYSTEM 14

=====

Die Bestellmengen fuer die Artikelklassen (=Zeilen)
 und die Aussenlaeger (=Spalten) lauten:

316	316	316	316
112	112	112	112
50	50	50	50

Bestandskosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Bestand pro Aussenlager:	761.74	762.57	748.94	714.62
durch. Bestand pro Artikelklasse:	1773.18	721.26	493.44	
durch. Bestand pro Artikel:	889.87	883.32	240.99	237.86
	242.41	100.69	101.23	99.57
	93.33	98.62		
durch. Bestand alle Aussenlager:	2987.88			

durch. Kosten pro Aussenlager:	6093.95	6100.57	5991.55	5716.99
durch. Kosten pro Artikelklasse:	14185.47	5770.11	3947.49	
durch. Kosten pro Artikel:	7118.94	7066.53	1927.94	1902.91
	1939.26	805.50	809.86	796.58
	746.62	788.93		
durch. Kosten alle Aussenlager:	23903.06			

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	915.14	574.78	382.80	
durch. Bestand pro Artikel:	463.89	451.25	184.58	187.26
	202.94	75.20	74.40	80.20
	82.00	71.00		
durch. Bestand Zentrallager:	1872.72			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	7321.09	4598.27	3062.40	
durch. Kosten pro Artikel:	3711.10	3609.98	1476.61	1498.11
	1623.55	601.60	595.20	641.60
	656.00	568.00		
durch. Kosten Zentrallager:	14981.76			

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	2688.32	1296.05	876.24	
durch. Kosten pro Artikelklasse:	21506.55	10368.38	7009.89	
durch. Bestand pro Artikel:	1353.76	1334.56	425.57	425.13
	445.35	175.89	175.63	179.77
	175.33	169.62		
durch. Kosten pro Artikel:	10830.05	10676.51	3404.54	3401.02
	3562.82	1407.10	1405.06	1438.18
	1402.62	1356.93		
durch. Bestand Gesamtsystem:	4860.60			
durch. Kosten Gesamtsystem:	38884.82			

Bestellkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Aussenlager:	489.00	488.00	485.00	487.00
Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1011.00	538.00	400.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	507.00	504.00	177.00	180.00
	181.00	80.00	81.00	79.00
	81.00	79.00		
Anz. Bestellungen alle Aussenlager:	1949.00			
durch. Kosten pro Aussenlager:	4890.00	4880.00	4850.00	4870.00
durch. Kosten pro Artikelklasse:	10110.00	5380.00	4000.00	
durch. Kosten pro Artikel:	5070.00	5040.00	1770.00	1800.00
	1810.00	800.00	810.00	790.00
	810.00	790.00		
durch. Kosten alle Aussenlager:	19490.00			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	268.00	168.00	127.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	134.00	134.00	54.00	58.00
	56.00	25.00	26.00	25.00
	25.00	26.00		
Anz. Bestellungen Zentrallager:	563.00			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	2680.00	1680.00	1270.00	
durch. Kosten pro Artikel:	1340.00	1340.00	540.00	580.00
	560.00	250.00	260.00	250.00
	250.00	260.00		
durch. Kosten Zentrallager:	5630.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1279.00	706.00	527.00	
durch. Kostenpro Artikelklasse:	12790.00	7060.00	5270.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	641.00	638.00	231.00	238.00
	237.00	105.00	107.00	104.00
	106.00	105.00		
durch. Kosten pro Artikel:	6410.00	6380.00	2310.00	2380.00
	2370.00	1050.00	1070.00	1040.00
	1060.00	1050.00		
Anz. Bestellungen Gesamtsystem:	2512.00			
durch. Kosten Gesamtsystem:	25120.00			

Kommissionier- u. Handlingsmehrkosten:

=====

*** Zentrallagerebene (= Gesamtsystem): ***

Einlagerungsmenge pro Artikelklasse:	168744.0	45584.0	15500.0	
Einlagerungsmenge pro Artikel:	86268.0	82476.0	14560.0	15008.0
	16016.0	3050.0	3250.0	3200.0
	3000.0	3000.0		
Einlagerungsmenge Zentrallager:	229828.0			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	5062.32	1367.52	465.00	
durch. Kosten pro Artikel:	2588.04	2474.28	436.80	450.24
	480.48	91.50	97.50	96.00
	90.00	90.00		
durch. Kosten Zentrallager:	6894.84			

Fehlmengekosten:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

durch. Fehlmenge pro Aussenlager:	1.92	1.65	3.74	6.06
durch. Fehlmenge pro Artikelklasse:	9.30	1.06	3.02	
durch. Fehlmenge pro Artikel:	5.12	4.18	0.47	0.24
	0.35	0.44	0.17	0.54
	1.38	0.49		
durch. Fehlmenge Gesamtsystem:	13.37			

durch. Kosten pro Aussenlager:	1523.81	1305.22	2962.08	4799.52
durch. Kosten pro Artikelklasse:	7362.44	836.35	2391.84	
durch. Kosten pro Artikel:	4055.04	3307.39	370.66	190.08
	275.62	345.31	133.06	427.68
	1096.13	389.66		
durch. Kosten Gesamtsystem:	10590.63			

Transportkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Sendungen pro Aussenlager:	223.00	233.00	232.00	227.00
durch. Sendungsgewicht pro AL (kg):	448.43	429.18	431.03	440.53
Anz. Sendungen alle Aussenlager:	915.00			

durch. Sendungsgewicht alle AL (kg):	437.16			
--------------------------------------	--------	--	--	--

durch. Kosten pro Aussenlager:	25765.63	25984.46	25977.47	25530.15
durch. Kosten alle Aussenlager:	103257.69			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Sendungen Zentrallager:	235.00			
------------------------------	--------	--	--	--

durch. Sendungsgewicht Zl (kg):	1702.13			
---------------------------------	---------	--	--	--

durch. Kosten Zentrallager:	61200.86			
-----------------------------	----------	--	--	--

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Sendungen Gesamtsystem:	1150.00			
durch. Kosten Gesamtsystem:	164458.55			

Gesamtkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Kosten pro Aussenlager:	38273.38	38270.25	39781.10	40916.66
durch. Kosten alle Aussenlager:	157241.37			

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Kosten Zentrallager:	88707.45
-----------------------------	----------

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Kosten Gesamtsystem:	245948.83
-----------------------------	-----------

Servicegrad:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

Servicegrad pro Aussenlager:	0.9955	0.9966	0.9922	0.9856
Servicegrad pro Artikelklasse:	0.9928	0.9958	0.9780	
Servicegrad pro Artikel:	0.9921	0.9934	0.9941	0.9970
	0.9961	0.9826	0.9931	0.9795
	0.9536	0.9808		
Servicegrad alle Aussenlager:	0.9925			

*** Zentrallagerebene: ***

Servicegrad pro Artikelklasse:	0.9575	0.9572	0.8350	
Servicegrad pro Artikel:	0.9566	0.9583	0.9435	0.9667
	0.9613	0.8500	0.9012	0.8228
	0.7531	0.8481		
Servicegrad Zentrallager:	0.9513			

ERGEBNISSE ZU SYSTEM 16

=====

Die Bestellmengen fuer die Artikelklassen (=Zeilen)
und die Aussenlaeger (=Spalten) lauten:

316	316	316	316
112	112	112	112
50	50	50	50

Bestandskosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Bestand pro Aussenlager:	763.36	764.07	741.47	730.05
durch. Bestand pro Artikelklasse:	1773.41	721.67	503.87	
durch. Bestand pro Artikel:	890.42	882.99	243.49	238.29
	239.89	102.00	102.38	99.84
	98.11	101.54		
durch. Bestand alle Aussenlager:	2998.95			
durch. Kosten pro Aussenlager:	6106.88	6112.57	5931.74	5840.41
durch. Kosten pro Artikelklasse:	14187.29	5773.34	4030.97	
durch. Kosten pro Artikel:	7123.39	7063.90	1947.90	1906.30
	1919.14	816.00	819.07	798.72
	784.86	812.32		
durch. Kosten alle Aussenlager:	23991.60			

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	1494.05	896.00	622.40	
durch. Bestand pro Artikel:	757.14	736.91	302.40	297.47
	296.13	123.20	121.00	124.60
	129.60	124.00		
durch. Bestand Zentrallager:	3012.45			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	11952.38	7168.00	4979.20	
durch. Kosten pro Artikel:	6057.09	5895.30	2419.20	2379.78
	2369.02	985.60	968.00	996.80
	1036.80	992.00		
durch. Kosten Zentrallager:	24099.58			

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	3267.46	1617.67	1126.27	
durch. Kosten pro Artikelklasse:	26139.68	12941.34	9010.17	
durch. Bestand pro Artikel:	1647.56	1619.90	545.89	535.76
	536.02	225.20	223.38	224.44
	227.71	225.54		

durch. Kosten pro Artikel:	13180.48	12959.20	4367.10	4286.08
	4288.16	1801.60	1787.07	1795.52
	1821.66	1804.32		
durch. Bestand Gesamtsystem:	6011.40			
durch. Kosten Gesamtsystem:	48091.18			

Bestellkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Aussenlager:	489.00	488.00	485.00	487.00
Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1011.00	538.00	400.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	507.00	504.00	177.00	180.00
	181.00	80.00	81.00	79.00
	81.00	79.00		
Anz. Bestellungen alle Aussenlager:	1949.00			

durch. Kosten pro Aussenlager:	4890.00	4880.00	4850.00	4870.00
durch. Kosten pro Artikelklasse:	10110.00	5380.00	4000.00	
durch. Kosten pro Artikel:	5070.00	5040.00	1770.00	1800.00
	1810.00	800.00	810.00	790.00
	810.00	790.00		
durch. Kosten alle Aussenlager:	19490.00			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	174.00	102.00	79.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	87.00	87.00	34.00	34.00
	34.00	15.00	16.00	16.00
	16.00	16.00		
Anz. Bestellungen Zentrallager:	355.00			

durch. Kosten pro Artikelklasse:	1740.00	1020.00	790.00	
durch. Kosten pro Artikel:	870.00	870.00	340.00	340.00
	340.00	150.00	160.00	160.00
	160.00	160.00		
durch. Kosten Zentrallager:	3550.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1185.00	640.00	479.00	
durch. Kostenpro Artikelklasse:	11850.00	6400.00	4790.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	594.00	591.00	211.00	214.00
	215.00	95.00	97.00	95.00
	97.00	95.00		
durch. Kosten pro Artikel:	5940.00	5910.00	2110.00	2140.00
	2150.00	950.00	970.00	950.00
	970.00	950.00		
Anz. Bestellungen Gesamtsystem:	2304.00			
durch. Kosten Gesamtsystem:	23040.00			

Kommissionier- u. Handlingsmehrkosten:

=====

*** Zentrallagerebene (= Gesamtsystem): ***

Einlagerungsmenge pro Artikelklasse:	208560.0	50736.0	17200.0	
Einlagerungsmenge pro Artikel:	105544.0	103016.0	17584.0	16688.0
	16464.0	3350.0	3450.0	3500.0
		3400.0	3500.0	
Einlagerungsmenge Zentrallager:	276496.0			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	6256.80	1522.08	516.00	
durch. Kosten pro Artikel:	3166.32	3090.48	527.52	500.64
	493.92	100.50	103.50	105.00
	102.00	105.00		
durch. Kosten Zentrallager:	8294.88			

Fehlmengenkosten:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

durch. Fehlmenge pro Aussenlager:	1.79	1.40	5.05	3.10
durch. Fehlmenge pro Artikelklasse:	8.26	1.01	2.06	
durch. Fehlmenge pro Artikel:	4.41	3.85	0.28	0.22
	0.52	0.35	0.12	0.61
	0.76	0.22		
durch. Fehlmenge Gesamtsystem:	11.33			
durch. Kosten pro Aussenlager:	1416.10	1105.63	3998.02	2452.03
durch. Kosten pro Artikelklasse:	6541.93	801.50	1628.35	
durch. Kosten pro Artikel:	3494.31	3047.62	218.59	171.07
	411.84	275.62	95.04	481.54
	605.09	171.07		
durch. Kosten Gesamtsystem:	8971.78			

Transportkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Sendungen pro Aussenlager:	223.00	232.00	227.00	233.00
durch. Sendungsgewicht pro AL (kg):	448.43	431.03	440.53	429.18
Anz. Sendungen alle Aussenlager:	915.00			
durch. Sendungsgewicht alle AL (kg):	437.16			
durch. Kosten pro Aussenlager:	25749.53	25944.23	25754.51	25718.12
durch. Kosten alle Aussenlager:	103166.40			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Sendungen Zentrallager: 194.00

durch. Sendungsgewicht Zl (kg): 2061.86

durch. Kosten Zentrallager: 54739.77

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Sendungen Gesamtsystem: 1109.00

durch. Kosten Gesamtsystem: 157906.16

Gesamtkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Kosten pro Aussenlager: 38162.50 38042.44 40534.27 38880.57

durch. Kosten alle Aussenlager: 155619.78

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Kosten Zentrallager: 90684.22

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Kosten Gesamtsystem: 246304.00

Servicegrad:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

Servicegrad pro Aussenlager: 0.9959 0.9968 0.9886 0.9928

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9936 0.9959 0.9853

Servicegrad pro Artikel: 0.9932 0.9940 0.9967 0.9973

0.9936 0.9866 0.9958 0.9788

0.9754 0.9896

Servicegrad alle Aussenlager: 0.9935

*** Zentrallagerebene: ***

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9585 0.9628 0.9100

Servicegrad pro Artikel: 0.9586 0.9583 0.9774 0.9722

0.9392 0.9125 0.9630 0.8734

0.8765 0.9241

Servicegrad Zentrallager: 0.9567

ERGEBNISSE ZU SYSTEM 24

=====

Die Bestellmengen fuer die Artikelklassen (=Zeilen)
und die Aussenlaeger (=Spalten) lauten:

316	316	316	316
112	112	112	112
50	50	50	50

Bestandskosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Bestand pro Aussenlager:	767.37	767.22	768.48	746.54
durch. Bestand pro Artikelklasse:	1806.63	730.44	512.55	
durch. Bestand pro Artikel:	904.09	902.54	245.15	240.43
	244.86	104.50	103.27	103.37
	98.24	103.17		
durch. Bestand alle Aussenlager:	3049.61			
durch. Kosten pro Aussenlager:	6138.97	6137.79	6147.81	5972.35
durch. Kosten pro Artikelklasse:	14453.02	5843.52	4100.38	
durch. Kosten pro Artikel:	7232.73	7220.29	1961.22	1923.46
	1958.85	836.03	826.18	826.94
	785.89	825.34		
durch. Kosten alle Aussenlager:	24396.92			

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	1131.28	724.42	496.00	
durch. Bestand pro Artikel:	567.54	563.74	238.78	242.82
	242.82	101.00	97.20	102.40
	96.60	98.80		
durch. Bestand Zentrallager:	2351.70			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	9050.24	5795.33	3968.00	
durch. Kosten pro Artikel:	4540.29	4509.95	1910.27	1942.53
	1942.53	808.00	777.60	819.20
	772.80	790.40		
durch. Kosten Zentrallager:	18813.56			

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	2937.91	1454.86	1008.55	
durch. Kosten pro Artikelklasse:	23503.26	11638.84	8068.38	
durch. Bestand pro Artikel:	1471.63	1466.28	483.94	483.25
	487.67	205.50	200.47	205.77
	194.84	201.97		

durch. Kosten pro Artikel:	11773.02	11730.24	3871.49	3865.98
	3901.38	1644.03	1603.78	1646.14
	1558.69	1615.74		
durch. Bestand Gesamtsystem:	5401.31			
durch. Kosten Gesamtsystem:	43210.48			

Bestellkosten:
=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Aussenlager:	489.00	488.00	485.00	487.00
Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1011.00	538.00	400.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	507.00	504.00	177.00	180.00
	181.00	80.00	81.00	79.00
	81.00	79.00		
Anz. Bestellungen alle Aussenlager:	1949.00			

durch. Kosten pro Aussenlager:	4890.00	4880.00	4850.00	4870.00
durch. Kosten pro Artikelklasse:	10110.00	5380.00	4000.00	
durch. Kosten pro Artikel:	5070.00	5040.00	1770.00	1800.00
	1810.00	800.00	810.00	790.00
	810.00	790.00		
durch. Kosten alle Aussenlager:	19490.00			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	359.00	240.00	186.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	178.00	181.00	81.00	81.00
	78.00	38.00	38.00	36.00
	37.00	37.00		
Anz. Bestellungen Zentrallager:	785.00			

durch. Kosten pro Artikelklasse:	3590.00	2400.00	1860.00	
durch. Kosten pro Artikel:	1780.00	1810.00	810.00	810.00
	780.00	380.00	380.00	360.00
	370.00	370.00		
durch. Kosten Zentrallager:	7850.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1370.00	778.00	586.00	
durch. Kostenpro Artikelklasse:	13700.00	7780.00	5860.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	685.00	685.00	258.00	261.00
	259.00	118.00	119.00	115.00
	118.00	116.00		
durch. Kosten pro Artikel:	6850.00	6850.00	2580.00	2610.00
	2590.00	1180.00	1190.00	1150.00
	1180.00	1160.00		
Anz. Bestellungen Gesamtsystem:	2734.00			
durch. Kosten Gesamtsystem:	27340.00			

Kommissionier- u. Handlingsmehrkosten:

=====

*** Zentrallagerebene (= Gesamtsystem): ***

Einlagerungsmenge pro Artikelklasse:	137776.0	43568.0	17100.0	
Einlagerungsmenge pro Artikel:	70468.0	67308.0	13776.0	14448.0
	15344.0	3400.0	3350.0	3650.0
	3300.0	3400.0		
Einlagerungsmenge Zentrallager:	198444.0			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	4133.28	1307.04	513.00	
durch. Kosten pro Artikel:	2114.04	2019.24	413.28	433.44
	460.32	102.00	100.50	109.50
	99.00	102.00		
durch. Kosten Zentrallager:	5953.32			

Fehlmengekosten:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

durch. Fehlmenge pro Aussenlager:	1.46	1.06	1.70	1.71
durch. Fehlmenge pro Artikelklasse:	4.82	0.38	0.73	
durch. Fehlmenge pro Artikel:	2.91	1.91	0.15	0.12
	0.11	0.05	0.01	0.14
	0.49	0.04		
durch. Fehlmenge Gesamtsystem:	5.93			
durch. Kosten pro Aussenlager:	1153.15	839.52	1349.57	1352.74
durch. Kosten pro Artikelklasse:	3817.44	297.79	579.74	
durch. Kosten pro Artikel:	2306.31	1511.14	117.22	95.04
	85.54	41.18	6.34	107.71
	389.66	34.85		
durch. Kosten Gesamtsystem:	4694.98			

Transportkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Sendungen pro Aussenlager:	222.00	232.00	230.00	225.00
durch. Sendungsgewicht pro AL (kg):	450.45	431.03	434.78	444.44
Anz. Sendungen alle Aussenlager:	909.00			
durch. Sendungsgewicht alle AL (kg):	440.04			
durch. Kosten pro Aussenlager:	25737.58	25950.04	25893.63	25521.26
durch. Kosten alle Aussenlager:	103102.51			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Sendungen Zentrallager: 246.00

durch. Sendungsgewicht Zl (kg): 1626.02

durch. Kosten Zentrallager: 62732.76

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Sendungen Gesamtsystem: 1155.00

durch. Kosten Gesamtsystem: 165835.27

Gesamtkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Kosten pro Aussenlager: 37919.70 37807.35 38241.01 37716.34

durch. Kosten alle Aussenlager: 151684.41

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Kosten Zentrallager: 95349.64

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Kosten Gesamtsystem: 247034.05

Servicegrad:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

Servicegrad pro Aussenlager: 0.9964 0.9974 0.9962 0.9957

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9962 0.9984 0.9939

Servicegrad pro Artikel: 0.9955 0.9970 0.9981 0.9985

0.9987 0.9970 0.9995 0.9940

0.9812 0.9977

Servicegrad alle Aussenlager: 0.9964

*** Zentrallagerebene: ***

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9881 0.9981 0.9550

Servicegrad pro Artikel: 0.9842 0.9921 1.0000 1.0000

0.9945 0.9875 1.0000 0.9620

0.8395 0.9873

Servicegrad Zentrallager: 0.9880

ERGEBNISSE ZU SYSTEM 91

=====

Die Bestellmengen fuer die Artikelklassen (=Zeilen)
und die Aussenlaeger (=Spalten) lauten:

316	316	316	316
112	112	112	112
50	50	50	50

Bestandskosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Bestand pro Aussenlager:	760.68	763.70	757.84	706.30
durch. Bestand pro Artikelklasse:	1774.32	708.72	505.49	
durch. Bestand pro Artikel:	885.59	888.72	239.20	235.27
	234.25	103.94	103.09	99.98
	96.40	102.09		
durch. Bestand alle Aussenlager:	2988.53			
durch. Kosten pro Aussenlager:	6085.47	6109.63	6062.75	5650.37
durch. Kosten pro Artikelklasse:	14194.53	5669.79	4043.90	
durch. Kosten pro Artikel:	7084.73	7109.79	1913.63	1882.14
	1874.02	831.49	824.70	799.81
	771.20	816.70		
durch. Kosten alle Aussenlager:	23908.21			

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	669.92	412.16	362.20	
durch. Bestand pro Artikel:	338.75	331.17	133.06	136.64
	142.46	70.60	69.40	73.80
	77.40	71.00		
durch. Bestand Zentrallager:	1444.28			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	5359.36	3297.28	2897.60	
durch. Kosten pro Artikel:	2710.02	2649.34	1064.45	1093.12
	1139.71	564.80	555.20	590.40
	619.20	568.00		
durch. Kosten Zentrallager:	11554.24			

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	2444.24	1120.88	867.69	
durch. Kosten pro Artikelklasse:	19553.88	8967.07	6941.50	
durch. Bestand pro Artikel:	1224.34	1219.89	372.26	371.91
	376.72	174.54	172.49	173.78
	173.80	173.09		

durch. Kosten pro Artikel:	9794.75	9759.13	2978.08	2975.26
	3013.73	1396.29	1379.90	1390.21
	1390.40	1384.70		
durch. Bestand Gesamtsystem:	4432.81			
durch. Kosten Gesamtsystem:	35462.45			

Bestellkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Aussenlager:	489.00	488.00	485.00	487.00
Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1011.00	538.00	400.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	507.00	504.00	177.00	180.00
	181.00	80.00	81.00	79.00
	81.00	79.00		
Anz. Bestellungen alle Aussenlager:	1949.00			

durch. Kosten pro Aussenlager:	4890.00	4880.00	4850.00	4870.00
durch. Kosten pro Artikelklasse:	10110.00	5380.00	4000.00	
durch. Kosten pro Artikel:	5070.00	5040.00	1770.00	1800.00
	1810.00	800.00	810.00	790.00
	810.00	790.00		
durch. Kosten alle Aussenlager:	19490.00			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	465.00	240.00	346.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	231.00	234.00	81.00	81.00
	78.00	68.00	73.00	69.00
	62.00	74.00		
Anz. Bestellungen Zentrallager:	1051.00			

durch. Kosten pro Artikelklasse:	4650.00	2400.00	3460.00	
durch. Kosten pro Artikel:	2310.00	2340.00	810.00	810.00
	780.00	680.00	730.00	690.00
	620.00	740.00		
durch. Kosten Zentrallager:	10510.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1476.00	778.00	746.00	
durch. Kostenpro Artikelklasse:	14760.00	7780.00	7460.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	738.00	738.00	258.00	261.00
	259.00	148.00	154.00	148.00
	143.00	153.00		
durch. Kosten pro Artikel:	7380.00	7380.00	2580.00	2610.00
	2590.00	1480.00	1540.00	1480.00
	1430.00	1530.00		
Anz. Bestellungen Gesamtsystem:	3000.00			
durch. Kosten Gesamtsystem:	30000.00			

Kommissionier- u. Handlingsmehrkosten:

*** Zentrallagerebene (= Gesamtsystem): ***

Einlagerungsmenge pro Artikelklasse:	102068.0	38416.0	14350.0	
Einlagerungsmenge pro Artikel:	52140.0	49928.0	12208.0	13216.0
	12992.0	3000.0	2500.0	3050.0
	3000.0	2800.0		
Einlagerungsmenge Zentrallager:	154834.0			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	3062.04	1152.48	430.50	
durch. Kosten pro Artikel:	1564.20	1497.84	366.24	396.48
	389.76	90.00	75.00	91.50
	90.00	84.00		
durch. Kosten Zentrallager:	4645.02			

Fehlmengenkosten:

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

durch. Fehlmenge pro Aussenlager:	1.80	1.52	2.54	6.98
durch. Fehlmenge pro Artikelklasse:	9.16	2.40	1.27	
durch. Fehlmenge pro Artikel:	5.90	3.26	0.47	0.78
	1.15	0.08	0.02	0.34
	0.66	0.16		
durch. Fehlmenge Gesamtsystem:	12.84			
durch. Kosten pro Aussenlager:	1425.60	1207.01	2008.51	5528.16
durch. Kosten pro Artikelklasse:	7257.89	1903.97	1007.42	
durch. Kosten pro Artikel:	4672.80	2585.09	373.82	617.76
	912.38	66.53	19.01	272.45
	519.55	129.89		
durch. Kosten Gesamtsystem:	10169.29			

Transportkosten:

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Sendungen pro Aussenlager:	222.00	231.00	231.00	229.00
durch. Sendungsgewicht pro AL (kg):	450.45	432.90	432.90	436.68
Anz. Sendungen alle Aussenlager:	913.00			
durch. Sendungsgewicht alle AL (kg):	438.12			
durch. Kosten pro Aussenlager:	25743.60	25955.02	25961.33	25777.66
durch. Kosten alle Aussenlager:	103437.60			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Sendungen Zentrallager: 250.00

durch. Sendungsgewicht Zl (kg): 1600.00

durch. Kosten Zentrallager: 63240.03

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Sendungen Gesamtsystem: 1163.00

durch. Kosten Gesamtsystem: 166677.62

Gesamtkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Kosten pro Aussenlager: 38144.67 38151.66 38882.60 41826.19

durch. Kosten alle Aussenlager: 157005.09

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Kosten Zentrallager: 89949.28

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Kosten Gesamtsystem: 246954.37

Servicegrad:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

Servicegrad pro Aussenlager: 0.9957 0.9963 0.9944 0.9830

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9928 0.9908 0.9890

Servicegrad pro Artikel: 0.9908 0.9949 0.9942 0.9914

0.9868 0.9952 0.9985 0.9840

0.9742 0.9929

Servicegrad alle Aussenlager: 0.9923

*** Zentrallagerebene: ***

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9594 0.9126 0.9025

Servicegrad pro Artikel: 0.9507 0.9683 0.9209 0.9389

0.8785 0.9625 0.9877 0.8228

0.7901 0.9494

Servicegrad Zentrallager: 0.9495

ERGEBNISSE ZU SYSTEM 92

=====

Die Bestellmengen fuer die Artikelklassen (=Zeilen)
und die Aussenlaeger (=Spalten) lauten:

316	316	316	316
112	112	112	112
50	50	50	50

Bestandskosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Bestand pro Aussenlager:	763.30	764.37	741.06	731.84
durch. Bestand pro Artikelklasse:	1773.41	721.67	505.49	
durch. Bestand pro Artikel:	890.42	882.99	243.49	238.29
	239.89	103.94	103.09	99.98
	96.40	102.09		
durch. Bestand alle Aussenlager:	3000.57			
durch. Kosten pro Aussenlager:	6106.40	6114.94	5928.51	5854.69
durch. Kosten pro Artikelklasse:	14187.29	5773.34	4043.90	
durch. Kosten pro Artikel:	7123.39	7063.90	1947.90	1906.30
	1919.14	831.49	824.70	799.81
	771.20	816.70		
durch. Kosten alle Aussenlager:	24004.54			

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	1494.05	896.00	362.20	
durch. Bestand pro Artikel:	757.14	736.91	302.40	297.47
	296.13	70.60	69.40	73.80
	77.40	71.00		
durch. Bestand Zentrallager:	2752.25			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	11952.38	7168.00	2897.60	
durch. Kosten pro Artikel:	6057.09	5895.30	2419.20	2379.78
	2369.02	564.80	555.20	590.40
	619.20	568.00		
durch. Kosten Zentrallager:	22017.98			

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	3267.46	1617.67	867.69	
durch. Kosten pro Artikelklasse:	26139.68	12941.34	6941.50	
durch. Bestand pro Artikel:	1647.56	1619.90	545.89	535.76
	536.02	174.54	172.49	173.78
	173.80	173.09		

durch. Kosten pro Artikel:	13180.48	12959.20	4367.10	4286.08
	4288.16	1396.29	1379.90	1390.21
	1390.40	1384.70		
durch. Bestand Gesamtsystem:	5752.81			
durch. Kosten Gesamtsystem:	46022.51			

Bestellkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Aussenlager:	489.00	488.00	485.00	487.00
Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1011.00	538.00	400.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	507.00	504.00	177.00	180.00
	181.00	80.00	81.00	79.00
	81.00	79.00		
Anz. Bestellungen alle Aussenlager:	1949.00			
durch. Kosten pro Aussenlager:	4890.00	4880.00	4850.00	4870.00
durch. Kosten pro Artikelklasse:	10110.00	5380.00	4000.00	
durch. Kosten pro Artikel:	5070.00	5040.00	1770.00	1800.00
	1810.00	800.00	810.00	790.00
	810.00	790.00		
durch. Kosten alle Aussenlager:	19490.00			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	174.00	102.00	346.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	87.00	87.00	34.00	34.00
	34.00	68.00	73.00	69.00
	62.00	74.00		
Anz. Bestellungen Zentrallager:	622.00			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	1740.00	1020.00	3460.00	
durch. Kosten pro Artikel:	870.00	870.00	340.00	340.00
	340.00	680.00	730.00	690.00
	620.00	740.00		
durch. Kosten Zentrallager:	6220.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1185.00	640.00	746.00	
durch. Kostenpro Artikelklasse:	11850.00	6400.00	7460.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	594.00	591.00	211.00	214.00
	215.00	148.00	154.00	148.00
	143.00	153.00		
durch. Kosten pro Artikel:	5940.00	5910.00	2110.00	2140.00
	2150.00	1480.00	1540.00	1480.00
	1430.00	1530.00		
Anz. Bestellungen Gesamtsystem:	2571.00			
durch. Kosten Gesamtsystem:	25710.00			

Kommissionier- u. Handlingsmehrkosten:

=====

*** Zentrallagerebene (= Gesamtsystem): ***

Einlagerungsmenge pro Artikelklasse:	208560.0	50736.0	14350.0	
Einlagerungsmenge pro Artikel:	105544.0	103016.0	17584.0	16688.0
	16464.0	3000.0	2500.0	3050.0
	3000.0	2800.0		
Einlagerungsmenge Zentrallager:	273646.0			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	6256.80	1522.08	430.50	
durch. Kosten pro Artikel:	3166.32	3090.48	527.52	500.64
	493.92	90.00	75.00	91.50
	90.00	84.00		
durch. Kosten Zentrallager:	8209.38			

Fehlmengenkosten:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

durch. Fehlmenge pro Aussenlager:	1.73	1.29	4.84	2.68
durch. Fehlmenge pro Artikelklasse:	8.26	1.01	1.27	
durch. Fehlmenge pro Artikel:	4.41	3.85	0.28	0.22
	0.52	0.08	0.02	0.34
	0.66	0.16		
durch. Fehlmenge Gesamtsystem:	10.54			
durch. Kosten pro Aussenlager:	1368.58	1023.26	3836.45	2122.56
durch. Kosten pro Artikelklasse:	6541.93	801.50	1007.42	
durch. Kosten pro Artikel:	3494.31	3047.62	218.59	171.07
	411.84	66.53	19.01	272.45
	519.55	129.89		
durch. Kosten Gesamtsystem:	8350.85			

Transportkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Sendungen pro Aussenlager:	223.00	234.00	226.00	233.00
durch. Sendungsgewicht pro AL (kg):	448.43	427.35	442.48	429.18
Anz. Sendungen alle Aussenlager:	916.00			
durch. Sendungsgewicht alle AL (kg):	436.68			
durch. Kosten pro Aussenlager:	25744.69	25966.70	25827.77	25756.74
durch. Kosten alle Aussenlager:	103295.89			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Sendungen Zentrallager: 238.00

durch. Sendungsgewicht Zl (kg): 1680.67

durch. Kosten Zentrallager: 55582.47

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Sendungen Gesamtsystem: 1154.00

durch. Kosten Gesamtsystem: 158878.36

Gesamtkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Kosten pro Aussenlager: 38109.66 37984.91 40442.73 38603.99

durch. Kosten alle Aussenlager: 155141.27

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Kosten Zentrallager: 92029.83

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Kosten Gesamtsystem: 247171.09

Servicegrad:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

Servicegrad pro Aussenlager: 0.9959 0.9969 0.9887 0.9933

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9936 0.9959 0.9890

Servicegrad pro Artikel: 0.9932 0.9940 0.9967 0.9973

0.9936 0.9952 0.9985 0.9840

0.9742 0.9929

Servicegrad alle Aussenlager: 0.9937

*** Zentrallagerebene: ***

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9585 0.9628 0.9025

Servicegrad pro Artikel: 0.9586 0.9583 0.9774 0.9722

0.9392 0.9625 0.9877 0.8228

0.7901 0.9494

Servicegrad Zentrallager: 0.9563

ERGEBNISSE ZU SYSTEM 93

=====

Die Bestellmengen fuer die Artikelklassen (=Zeilen)
und die Aussenlaeger (=Spalten) lauten:

316	316	316	316
112	112	112	112
50	50	50	50

Bestandskosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Bestand pro Aussenlager:	763.82	764.78	753.31	718.02
durch. Bestand pro Artikelklasse:	1773.18	721.26	505.49	
durch. Bestand pro Artikel:	889.87	883.32	240.99	237.86
	242.41	103.94	103.09	99.98
	96.40	102.09		
durch. Bestand alle Aussenlager:	2999.93			

durch. Kosten pro Aussenlager:	6110.59	6118.24	6026.49	5744.16
durch. Kosten pro Artikelklasse:	14185.47	5770.11	4043.90	
durch. Kosten pro Artikel:	7118.94	7066.53	1927.94	1902.91
	1939.26	831.49	824.70	799.81
	771.20	816.70		
durch. Kosten alle Aussenlager:	23999.48			

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	915.14	574.78	362.20	
durch. Bestand pro Artikel:	463.89	451.25	184.58	187.26
	202.94	70.60	69.40	73.80
	77.40	71.00		
durch. Bestand Zentrallager:	1852.12			

durch. Kosten pro Artikelklasse:	7321.09	4598.27	2897.60	
durch. Kosten pro Artikel:	3711.10	3609.98	1476.61	1498.11
	1623.55	564.80	555.20	590.40
	619.20	568.00		
durch. Kosten Zentrallager:	14816.96			

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	2688.32	1296.05	867.69	
durch. Kosten pro Artikelklasse:	21506.55	10368.38	6941.50	
durch. Bestand pro Artikel:	1353.76	1334.56	425.57	425.13
	445.35	174.54	172.49	173.78
	173.80	173.09		

durch. Kosten pro Artikel:	10830.05	10676.51	3404.54	3401.02
	3562.82	1396.29	1379.90	1390.21
	1390.40	1384.70		
durch. Bestand Gesamtsystem:	4852.05			
durch. Kosten Gesamtsystem:	38816.43			

Bestellkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Aussenlager:	489.00	488.00	485.00	487.00
Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1011.00	538.00	400.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	507.00	504.00	177.00	180.00
	181.00	80.00	81.00	79.00
	81.00	79.00		
Anz. Bestellungen alle Aussenlager:	1949.00			
durch. Kosten pro Aussenlager:	4890.00	4880.00	4850.00	4870.00
durch. Kosten pro Artikelklasse:	10110.00	5380.00	4000.00	
durch. Kosten pro Artikel:	5070.00	5040.00	1770.00	1800.00
	1810.00	800.00	810.00	790.00
	810.00	790.00		
durch. Kosten alle Aussenlager:	19490.00			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	268.00	168.00	346.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	134.00	134.00	54.00	58.00
	56.00	68.00	73.00	69.00
	62.00	74.00		
Anz. Bestellungen Zentrallager:	782.00			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	2680.00	1680.00	3460.00	
durch. Kosten pro Artikel:	1340.00	1340.00	540.00	580.00
	560.00	680.00	730.00	690.00
	620.00	740.00		
durch. Kosten Zentrallager:	7820.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1279.00	706.00	746.00	
durch. Kostenpro Artikelklasse:	12790.00	7060.00	7460.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	641.00	638.00	231.00	238.00
	237.00	148.00	154.00	148.00
	143.00	153.00		
durch. Kosten pro Artikel:	6410.00	6380.00	2310.00	2380.00
	2370.00	1480.00	1540.00	1480.00
	1430.00	1530.00		
Anz. Bestellungen Gesamtsystem:	2731.00			
durch. Kosten Gesamtsystem:	27310.00			

Kommissionier- u. Handlingsmehrkosten:

=====

*** Zentrallagerebene (= Gesamtsystem): ***

Einlagerungsmenge pro Artikelklasse:	168744.0	45584.0	14350.0	
Einlagerungsmenge pro Artikel:	86268.0	82476.0	14560.0	15008.0
	16016.0	3000.0	2500.0	3050.0
	3000.0	2800.0		
Einlagerungsmenge Zentrallager:	228678.0			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	5062.32	1367.52	430.50	
durch. Kosten pro Artikel:	2588.04	2474.28	436.80	450.24
	480.48	90.00	75.00	91.50
	90.00	84.00		
durch. Kosten Zentrallager:	6860.34			

Fehlmengekosten:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

durch. Fehlmenge pro Aussenlager:	1.80	1.26	3.11	5.46
durch. Fehlmenge pro Artikelklasse:	9.30	1.06	1.27	
durch. Fehlmenge pro Artikel:	5.12	4.18	0.47	0.24
	0.35	0.08	0.02	0.34
	0.66	0.16		
durch. Fehlmenge Gesamtsystem:	11.62			
durch. Kosten pro Aussenlager:	1428.77	994.75	2461.54	4321.15
durch. Kosten pro Artikelklasse:	7362.44	836.35	1007.42	
durch. Kosten pro Artikel:	4055.04	3307.39	370.66	190.08
	275.62	66.53	19.01	272.45
	519.55	129.89		
durch. Kosten Gesamtsystem:	9206.21			

Transportkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Sendungen pro Aussenlager:	223.00	234.00	229.00	228.00
durch. Sendungsgewicht pro AL (kg):	448.43	427.35	436.68	438.60
Anz. Sendungen alle Aussenlager:	914.00			
durch. Sendungsgewicht alle AL (kg):	437.64			
durch. Kosten pro Aussenlager:	25755.96	25979.18	25944.13	25534.57
durch. Kosten alle Aussenlager:	103213.84			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Sendungen Zentrallager: 244.00

durch. Sendungsgewicht Z1 (kg): 1639.34

durch. Kosten Zentrallager: 61132.53

*** Gesamtsystemebebe: ***

Anz. Sendungen Gesamtsystem: 1158.00

durch. Kosten Gesamtsystem: 164346.37

Gesamtkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Kosten pro Aussenlager: 38185.32 37972.17 39282.16 40469.88

durch. Kosten alle Aussenlager: 155909.53

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Kosten Zentrallager: 90629.82

*** Gesamtsystemebebe: ***

durch. Kosten Gesamtsystem: 246539.34

Servicegrad:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

Servicegrad pro Aussenlager: 0.9957 0.9970 0.9930 0.9863

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9928 0.9958 0.9890

Servicegrad pro Artikel: 0.9921 0.9934 0.9941 0.9970

0.9961 0.9952 0.9985 0.9840

0.9742 0.9929

Servicegrad alle Aussenlager: 0.9930

*** Zentrallagerebene: ***

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9575 0.9572 0.9025

Servicegrad pro Artikel: 0.9566 0.9583 0.9435 0.9667

0.9613 0.9625 0.9877 0.8228

0.7901 0.9494

Servicegrad Zentrallager: 0.9547

ERGEBNISSE ZU SYSTEM 94

=====

Die Bestellmengen fuer die Artikelklassen (=Zeilen)
und die Aussenlaeger (=Spalten) lauten:

316	316	316	316
112	112	112	112
50	50	50	50

Bestandskosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Bestand pro Aussenlager:	760.68	763.70	757.84	750.51
durch. Bestand pro Artikelklasse:	1818.53	708.72	505.49	
durch. Bestand pro Artikel:	912.42	906.12	239.20	235.27
	234.25	103.94	103.09	99.98
	96.40	102.09		
durch. Bestand alle Aussenlager:	3032.74			
durch. Kosten pro Aussenlager:	6085.47	6109.63	6062.75	6004.09
durch. Kosten pro Artikelklasse:	14548.25	5669.79	4043.90	
durch. Kosten pro Artikel:	7299.33	7248.93	1913.63	1882.14
	1874.02	831.49	824.70	799.81
	771.20	816.70		
durch. Kosten alle Aussenlager:	24261.94			

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	5609.63	412.16	362.20	
durch. Bestand pro Artikel:	2811.14	2798.50	133.06	136.64
	142.46	70.60	69.40	73.80
	77.40	71.00		
durch. Bestand Zentrallager:	6383.99			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	44877.05	3297.28	2897.60	
durch. Kosten pro Artikel:	22489.09	22387.97	1064.45	1093.12
	1139.71	564.80	555.20	590.40
	619.20	568.00		
durch. Kosten Zentrallager:	51071.93			

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	7428.16	1120.88	867.69	
durch. Kosten pro Artikelklasse:	59425.30	8967.07	6941.50	
durch. Bestand pro Artikel:	3723.55	3704.61	372.26	371.91
	376.72	174.54	172.49	173.78
	173.80	173.09		

durch. Kosten pro Artikel:	29788.41	29636.89	2978.08	2975.26
	3013.73	1396.29	1379.90	1390.21
	1390.40	1384.70		
durch. Bestand Gesamtsystem:	9416.73			
durch. Kosten Gesamtsystem:	75333.86			

Bestellkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Aussenlager:	489.00	488.00	485.00	487.00
Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1011.00	538.00	400.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	507.00	504.00	177.00	180.00
	181.00	80.00	81.00	79.00
	81.00	79.00		
Anz. Bestellungen alle Aussenlager:	1949.00			
durch. Kosten pro Aussenlager:	4890.00	4880.00	4850.00	4870.00
durch. Kosten pro Artikelklasse:	10110.00	5380.00	4000.00	
durch. Kosten pro Artikel:	5070.00	5040.00	1770.00	1800.00
	1810.00	800.00	810.00	790.00
	810.00	790.00		
durch. Kosten alle Aussenlager:	19490.00			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	60.00	240.00	346.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	30.00	30.00	81.00	81.00
	78.00	68.00	73.00	69.00
	62.00	74.00		
Anz. Bestellungen Zentrallager:	646.00			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	600.00	2400.00	3460.00	
durch. Kosten pro Artikel:	300.00	300.00	810.00	810.00
	780.00	680.00	730.00	690.00
	620.00	740.00		
durch. Kosten Zentrallager:	6460.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1071.00	778.00	746.00	
durch. Kostenpro Artikelklasse:	10710.00	7780.00	7460.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	537.00	534.00	258.00	261.00
	259.00	148.00	154.00	148.00
	143.00	153.00		
durch. Kosten pro Artikel:	5370.00	5340.00	2580.00	2610.00
	2590.00	1480.00	1540.00	1480.00
	1430.00	1530.00		
Anz. Bestellungen Gesamtsystem:	2595.00			
durch. Kosten Gesamtsystem:	25950.00			

Kommissionier- u. Handlingsmehrkosten:

=====

*** Zentrallagerebene (= Gesamtsystem): ***

Einlagerungsmenge pro Artikelklasse:	290088.0	38416.0	14350.0	
Einlagerungsmenge pro Artikel:	144096.0	145992.0	12208.0	13216.0
	12992.0	3000.0	2500.0	3050.0
	3000.0	2800.0		
Einlagerungsmenge Zentrallager:	342854.0			

durch. Kosten pro Artikelklasse:	8702.64	1152.48	430.50	
durch. Kosten pro Artikel:	4322.88	4379.76	366.24	396.48
	389.76	90.00	75.00	91.50
	90.00	84.00		
durch. Kosten Zentrallager:	10285.62			

Fehlmengenkosten:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

durch. Fehlmenge pro Aussenlager:	1.80	1.52	2.54	1.90
durch. Fehlmenge pro Artikelklasse:	4.08	2.40	1.27	
durch. Fehlmenge pro Artikel:	2.39	1.70	0.47	0.78
	1.15	0.08	0.02	0.34
	0.66	0.16		
durch. Fehlmenge Gesamtsystem:	7.76			

durch. Kosten pro Aussenlager:	1425.60	1207.01	2008.51	1504.80
durch. Kosten pro Artikelklasse:	3234.53	1903.97	1007.42	
durch. Kosten pro Artikel:	1891.30	1343.23	373.82	617.76
	912.38	66.53	19.01	272.45
	519.55	129.89		
durch. Kosten Gesamtsystem:	6145.92			

Transportkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Sendungen pro Aussenlager:	222.00	231.00	231.00	222.00
durch. Sendungsgewicht pro AL (kg):	450.45	432.90	432.90	450.45
Anz. Sendungen alle Aussenlager:	906.00			

durch. Sendungsgewicht alle AL (kg):	441.50			
--------------------------------------	--------	--	--	--

durch. Kosten pro Aussenlager:	25743.60	25955.02	25961.33	25446.39
durch. Kosten alle Aussenlager:	103106.33			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Sendungen Zentrallager: 234.00

durch. Sendungsgewicht Zl (kg): 1709.40

durch. Kosten Zentrallager: 42400.36

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Sendungen Gesamtsystem: 1140.00

durch. Kosten Gesamtsystem: 145506.69

Gesamtkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Kosten pro Aussenlager: 38144.67 38151.66 38882.60 37825.28

durch. Kosten alle Aussenlager: 153004.19

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Kosten Zentrallager: 110217.91

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Kosten Gesamtsystem: 263222.09

Servicegrad:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

Servicegrad pro Aussenlager: 0.9957 0.9963 0.9944 0.9957

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9968 0.9908 0.9890

Servicegrad pro Artikel: 0.9963 0.9973 0.9942 0.9914

0.9868 0.9952 0.9985 0.9840

0.9742 0.9929

Servicegrad alle Aussenlager: 0.9955

*** Zentrallagerebene: ***

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9970 0.9126 0.9025

Servicegrad pro Artikel: 0.9961 0.9980 0.9209 0.9389

0.8785 0.9625 0.9877 0.8228

0.7901 0.9494

Servicegrad Zentrallager: 0.9796

ERGEBNISSE ZU SYSTEM 7

=====

Die Bestellmengen fuer die Artikelklassen (=Zeilen)
und die Aussenlaeger (=Spalten) lauten:

316	316	316	316
112	112	112	112
50	50	50	50

Bestandskosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Bestand pro Aussenlager:	774.16	767.60	768.60	774.56
durch. Bestand pro Artikelklasse:	1825.91	739.29	519.73	
durch. Bestand pro Artikel:	923.12	902.78	247.26	245.78
	246.25	103.58	101.98	104.42
	103.89	105.85		
durch. Bestand alle Aussenlager:	3084.92			
durch. Kosten pro Aussenlager:	6193.31	6140.77	6148.80	6196.51
durch. Kosten pro Artikelklasse:	14607.26	5914.30	4157.82	
durch. Kosten pro Artikel:	7384.99	7222.27	1978.05	1966.27
	1969.98	828.61	815.87	835.39
	831.14	846.82		
durch. Kosten alle Aussenlager:	24679.38			

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	0.00	0.00	0.00	
durch. Bestand pro Artikel:	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00		
durch. Bestand Zentrallager:	0.00			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	0.00	0.00	0.00	
durch. Kosten pro Artikel:	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00		
durch. Kosten Zentrallager:	0.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	1825.91	739.29	519.73	
durch. Kosten pro Artikelklasse:	14607.26	5914.30	4157.82	
durch. Bestand pro Artikel:	923.12	902.78	247.26	245.78
	246.25	103.58	101.98	104.42
	103.89	105.85		

durch. Kosten pro Artikel:	7384.99	7222.27	1978.05	1966.27
	1969.98	828.61	815.87	835.39
	831.14	846.82		
durch. Bestand Gesamtsystem:	3084.92			
durch. Kosten Gesamtsystem:	24679.38			

Bestellkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Aussenlager:	489.00	490.00	485.00	488.00
Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1012.00	537.00	403.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	507.00	505.00	177.00	180.00
	180.00	80.00	81.00	82.00
	80.00	80.00		
Anz. Bestellungen alle Aussenlager:	1952.00			
durch. Kosten pro Aussenlager:	4890.00	4900.00	4850.00	4880.00
durch. Kosten pro Artikelklasse:	10120.00	5370.00	4030.00	
durch. Kosten pro Artikel:	5070.00	5050.00	1770.00	1800.00
	1800.00	800.00	810.00	820.00
	800.00	800.00		
durch. Kosten alle Aussenlager:	19520.00			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	462.00	407.00	345.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	230.00	232.00	138.00	136.00
	133.00	72.00	73.00	72.00
	58.00	70.00		
Anz. Bestellungen Zentrallager:	1214.00			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	4620.00	4070.00	3450.00	
durch. Kosten pro Artikel:	2300.00	2320.00	1380.00	1360.00
	1330.00	720.00	730.00	720.00
	580.00	700.00		
durch. Kosten Zentrallager:	12140.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1474.00	944.00	748.00	
durch. Kostenpro Artikelklasse:	14740.00	9440.00	7480.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	737.00	737.00	315.00	316.00
	313.00	152.00	154.00	154.00
	138.00	150.00		
durch. Kosten pro Artikel:	7370.00	7370.00	3150.00	3160.00
	3130.00	1520.00	1540.00	1540.00
	1380.00	1500.00		
Anz. Bestellungen Gesamtsystem:	3166.00			
durch. Kosten Gesamtsystem:	31660.00			

Kommissionier- u. Handlingsmehrkosten:

=====

*** Zentrallagerebene (= Gesamtsystem): ***

Einlagerungsmenge pro Artikelklasse:	0.0	0.0	0.0	
Einlagerungsmenge pro Artikel:	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0		
Einlagerungsmenge Zentrallager:	0.0			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	0.00	0.00	0.00	
durch. Kosten pro Artikel:	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00		
durch. Kosten Zentrallager:	0.00			

Fehlmengekosten:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

durch. Fehlmenge pro Aussenlager:	2.98	2.75	3.42	1.58
durch. Fehlmenge pro Artikelklasse:	7.70	2.12	0.91	
durch. Fehlmenge pro Artikel:	4.26	3.44	0.78	0.42
	0.92	0.12	0.12	0.19
	0.35	0.13		
durch. Fehlmenge Gesamtsystem:	10.73			
durch. Kosten pro Aussenlager:	2356.99	2179.59	2708.64	1254.53
durch. Kosten pro Artikelklasse:	6098.40	1679.04	722.30	
durch. Kosten pro Artikel:	3377.09	2721.31	617.76	329.47
	731.81	98.21	95.04	152.06
	275.62	101.38		
durch. Kosten Gesamtsystem:	8499.75			

Transportkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Sendungen pro Aussenlager:	228.00	219.00	225.00	222.00
durch. Sendungsgewicht pro AL (kg):	438.60	456.62	444.44	450.45
Anz. Sendungen alle Aussenlager:	894.00			
durch. Sendungsgewicht alle AL (kg):	447.43			
durch. Kosten pro Aussenlager:	25639.77	25842.46	25858.83	25345.77
durch. Kosten alle Aussenlager:	102686.82			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Sendungen Zentrallager: 250.00

durch. Sendungsgewicht Z1 (kg): 1600.00

durch. Kosten Zentrallager: 63269.81

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Sendungen Gesamtsystem: 1144.00

durch. Kosten Gesamtsystem: 165956.62

Gesamtkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Kosten pro Aussenlager: 39080.07 39062.80 39566.26 37676.80

durch. Kosten alle Aussenlager: 155385.94

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Kosten Zentrallager: 75409.81

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Kosten Gesamtsystem: 230795.75

Servicegrad:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

Servicegrad pro Aussenlager: 0.9926 0.9932 0.9915 0.9961

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9940 0.9912 0.9897

Servicegrad pro Artikel: 0.9934 0.9946 0.9902 0.9948

0.9885 0.9927 0.9933 0.9895

0.9812 0.9919

Servicegrad alle Aussenlager: 0.9933

*** Zentrallagerebene: ***

Servicegrad pro Artikelklasse: 1.0000 1.0000 1.0000

Servicegrad pro Artikel: 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

1.0000 1.0000 1.0000

1.0000 1.0000

Servicegrad Zentrallager: 1.0000

ERGEBNISSE ZU SYSTEM 8

=====

Die Bestellmengen fuer die Artikelklassen (=Zeilen)
und die Aussenlaeger (=Spalten) lauten:

316	316	316	316
112	112	112	112
50	50	50	50

Bestandskosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Bestand pro Aussenlager:	958.97	948.90	949.54	943.68
durch. Bestand pro Artikelklasse:	2434.27	828.46	538.35	
durch. Bestand pro Artikel:	1245.17	1189.10	275.10	274.75
	278.62	106.37	105.75	106.80
	108.20	111.24		
durch. Bestand alle Aussenlager:	3801.08			
durch. Kosten pro Aussenlager:	7671.74	7591.20	7596.32	7549.41
durch. Kosten pro Artikelklasse:	19474.14	6627.71	4306.81	
durch. Kosten pro Artikel:	9961.37	9512.77	2200.80	2197.98
	2228.93	850.94	845.98	854.37
	865.60	889.92		
durch. Kosten alle Aussenlager:	30408.66			

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	0.00	0.00	0.00	
durch. Bestand pro Artikel:	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00		
durch. Bestand Zentrallager:	0.00			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	0.00	0.00	0.00	
durch. Kosten pro Artikel:	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00		
durch. Kosten Zentrallager:	0.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Bestand pro Artikelklasse:	2434.27	828.46	538.35	
durch. Kosten pro Artikelklasse:	19474.14	6627.71	4306.81	
durch. Bestand pro Artikel:	1245.17	1189.10	275.10	274.75
	278.62	106.37	105.75	106.80
	108.20	111.24		

durch. Kosten pro Artikel:	9961.37	9512.77	2200.80	2197.98
	2228.93	850.94	845.98	854.37
	865.60	889.92		
durch. Bestand Gesamtsystem:	3801.08			
durch. Kosten Gesamtsystem:	30408.66			

Bestellkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Aussenlager:	462.00	472.00	465.00	468.00
Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	925.00	540.00	402.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	464.00	461.00	178.00	181.00
	181.00	79.00	81.00	82.00
	80.00	80.00		
Anz. Bestellungen alle Aussenlager:	1867.00			
durch. Kosten pro Aussenlager:	4620.00	4720.00	4650.00	4680.00
durch. Kosten pro Artikelklasse:	9250.00	5400.00	4020.00	
durch. Kosten pro Artikel:	4640.00	4610.00	1780.00	1810.00
	1810.00	790.00	810.00	820.00
	800.00	800.00		
durch. Kosten alle Aussenlager:	18670.00			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	450.00	411.00	347.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	226.00	224.00	139.00	138.00
	134.00	71.00	71.00	70.00
	64.00	71.00		
Anz. Bestellungen Zentrallager:	1208.00			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	4500.00	4110.00	3470.00	
durch. Kosten pro Artikel:	2260.00	2240.00	1390.00	1380.00
	1340.00	710.00	710.00	700.00
	640.00	710.00		
durch. Kosten Zentrallager:	12080.00			

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Bestellungen pro Artikelklasse:	1375.00	951.00	749.00	
durch. Kostenpro Artikelklasse:	13750.00	9510.00	7490.00	
Anz. Bestellungen pro Artikel:	690.00	685.00	317.00	319.00
	315.00	150.00	152.00	152.00
	144.00	151.00		
durch. Kosten pro Artikel:	6900.00	6850.00	3170.00	3190.00
	3150.00	1500.00	1520.00	1520.00
	1440.00	1510.00		
Anz. Bestellungen Gesamtsystem:	3075.00			
durch. Kosten Gesamtsystem:	30750.00			

Kommissionier- u. Handlingsmehrkosten:

=====

*** Zentrallagerebene (= Gesamtsystem): ***

Einlagerungsmenge pro Artikelklasse:	0.0	0.0	0.0	
Einlagerungsmenge pro Artikel:	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0		
Einlagerungsmenge Zentrallager:	0.0			
durch. Kosten pro Artikelklasse:	0.00	0.00	0.00	
durch. Kosten pro Artikel:	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00		
durch. Kosten Zentrallager:	0.00			

Fehlmengekosten:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

durch. Fehlmenge pro Aussenlager:	1.77	1.18	2.23	1.08
durch. Fehlmenge pro Artikelklasse:	4.28	1.25	0.74	
durch. Fehlmenge pro Artikel:	2.73	1.56	0.40	0.26
	0.59	0.12	0.08	0.16
	0.26	0.12		
durch. Fehlmenge Gesamtsystem:	6.27			
durch. Kosten pro Aussenlager:	1403.42	937.73	1767.74	855.36
durch. Kosten pro Artikelklasse:	3392.93	988.42	582.91	
durch. Kosten pro Artikel:	2160.58	1232.35	316.80	205.92
	465.70	91.87	66.53	129.89
	202.75	91.87		
durch. Kosten Gesamtsystem:	4964.26			

Transportkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

Anz. Sendungen pro Aussenlager:	162.00	162.00	163.00	171.00
durch. Sendungsgewicht pro AL (kg):	617.28	617.28	613.50	584.80
Anz. Sendungen alle Aussenlager:	658.00			
durch. Sendungsgewicht alle AL (kg):	607.90			
durch. Kosten pro Aussenlager:	22816.29	23183.52	23210.50	23337.95
durch. Kosten alle Aussenlager:	92548.26			

*** Zentrallagerebene: ***

Anz. Sendungen Zentrallager: 247.00

durch. Sendungsgewicht Zl (kg): 1619.43

durch. Kosten Zentrallager: 62221.40

*** Gesamtsystemebene: ***

Anz. Sendungen Gesamtsystem: 905.00

durch. Kosten Gesamtsystem: 154769.66

Gesamtkosten:

=====

*** Aussenlagerebene: ***

durch. Kosten pro Aussenlager: 36511.46 36432.45 37224.57 36422.71

durch. Kosten alle Aussenlager: 146591.17

*** Zentrallagerebene: ***

durch. Kosten Zentrallager: 74301.40

*** Gesamtsystemebene: ***

durch. Kosten Gesamtsystem: 220892.56

Servicegrad:

=====

*** Aussenlagerebene (= Gesamtsystem): ***

Servicegrad pro Aussenlager: 0.9956 0.9971 0.9945 0.9974

Servicegrad pro Artikelklasse: 0.9966 0.9948 0.9918

Servicegrad pro Artikel: 0.9958 0.9976 0.9950 0.9968

0.9927 0.9932 0.9956 0.9908

0.9867 0.9927

Servicegrad alle Aussenlager: 0.9961

*** Zentrallagerebene: ***

Servicegrad pro Artikelklasse: 1.0000 1.0000 1.0000

Servicegrad pro Artikel: 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

1.0000 1.0000

Servicegrad Zentrallager: 1.0000

LITERATURVERZEICHNIS

- Abramowitz, M./ Stegun, I. A. (Ed.), Handbook of Mathematical Functions, New York, o. J.
- Alderson, W., Marketing Efficiency and the Principle of Postponement, in: Cost and Profit Outlook, III, 4, Sept. 1950.
- Algermissen, J., Der Handelsbetrieb - Eine typologische Studie aus absatzwirtschaftlicher Sicht, Frankfurt am Main 1976.
- Ballou, R. H., Business Logistics Management, 2nd Ed., Englewood Cliffs, N.J., 1985.
- Ballou, R. H., Improved Stock Location in the Physical Distribution Channel, in: International Journal of Physical Distribution, Vol. 3, 1973, S. 332 - 340.
- Barth, H., Kosten- und Leistungsrechnung im Handel, 2. Auflage, Wiesbaden 1985.
- Barth, K., Betriebswirtschaftslehre des Handels, Wiesbaden 1988.
- Barth, K., Rentable Sortimente im Handel: Zufall oder Ergebnis operabler Entscheidungstechniken?, in: Sonderhefte der Mitteilungen des Instituts für Handelsforschung an der Universität Köln, hrsg. v. Sundhoff, E., Sonderheft 26, Göttingen 1980.
- Boulden, J. B., Computer-Assisted Planning Systems, New York 1975.

Brown, R. G., Advanced Service Parts Inventory Control, 2nd Ed., Norwich 1982.

Brown, R. G., Inventory Control, in: Handbook of Operations Research (Models and Applications), hrsg. v. Moder, J. J./ Elmaghraby, S. E., New York 1978, S. 173 - 212.

Brown, R. G., Materials Management Systems, New York 1977.

Bundesverband des Deutschen Güterfernverkehrs (BDF)
e. V. (Hrsg.), Reichskraftwagentarif, Teil II,
o. J.

Coyle, J. J./ Bardi, E. J./ Langley, C. J., The Management of Business Logistics, 4th Ed., St. Paul 1988.

Crabtree, D., Distribution Logistics - An Appraisal of Alternative Methods, in: International Journal of Operations & Production Management, Volume 7, No. 3, 1987, S. 49 - 58.

Crogon, P., Programming in PASCAL, 2nd Ed., London 1984.

Dandl, E., Die Modellierung verkehrsbetrieblicher Transporte in computergestützten Distributionssystemen, Birkach 1984.

Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.),
DIN 66027: Programmiersprache FORTRAN, Berlin 1980.

- Diruf, G., Computergestützte Planung kostenoptimaler logistischer Systeme für Unternehmen ohne eigenen Fuhrpark, in: Logistische Informatik für Güterverkehrsbetriebe und Verlader (Computergestützte Systeme zur Planung, Steuerung und Kontrolle verkehrsbetrieblicher Transportumschlags- und Lagerleistungen), hrsg. v. Diruf, G., Berlin 1985, S. 1 - 25.
- Diruf, G., Informatikanwendungen in der Distributionslogistik, Bamberger Betriebswirtschaftliche Beiträge, Nr. 47, Bamberg 1985.
- Diruf, G., Modell- und computergestützte Gestaltung physischer Distributionssysteme, ZfB-Ergänzungsheft 2, 1984, S. 114 - 130.
- Diruf, G., Probleme und Entwicklungstendenzen der computergestützten Tourenplanung, Bamberger Betriebswirtschaftliche Beiträge, Nr. 67, Bamberg 1988.
- Fehr, G./ Gossen, W., Der Einkauf und seine Organisation in Großhandelsbetrieben, Köln 1982.
- Fishman, G. S., Principles of Discrete Event Simulation, New York 1978.
- Fontaine, J. Kostenrechnung und Kalkulation im Großhandel, Köln 1982.
- Forrester, J., Industrial Dynamics, M.I.T. Press, Cambridge, Mass., 1961.

- Grönnlund, G., Datenträgeraustausch und Warenwirtschaftssysteme: Das System DAKOM in Schweden, in: Moderne Warenwirtschaftssysteme im Handel, hrsg. v. Zentes, J., Berlin 1985, S. 73 - 79.
- Hansen, H. R., Elektronische Datenverarbeitung in Handelsbetrieben, Berlin 1970.
- Hansen, U./ Algermissen, J., Handelsbetriebslehre 2, Göttingen 1979.
- Hanssmann, F., Einführung in die Systemforschung, München 1978.
- Herron, D. P., Management Science in Industrial Logistics, in: Applications of Management Science, Volume 3, hrsg. v. Schultz, R. L., London 1983, S. 49 - 75.
- Hummel, S./ Männel, W., Kostenrechnung 1 - Grundlagen, Aufbau und Anwendung, 2. Auflage, Wiesbaden 1980.
- Hummel, S./ Männel, W., Kostenrechnung 2 - Moderne Verfahren und Systeme, Wiesbaden 1978.
- Jordan, W./ Sahlmann, D./ Urban, H., Strukturierte Programmierung, 2. Auflage, Berlin 1984.
- Jönsson, H./ Silver, E. A., Stock Allocation from a Central Warehouse in a Two-Location Push Type Inventory Control System, in: Inventory in Theory and Practice, Studies in Production and Engineering Economics 6, hrsg. v. Chikan, A., Amsterdam 1986, S. 609 - 627.

- Kirchner, J. D./ Zentes, J., Führen mit Warenwirtschaftssystemen, Düsseldorf 1984.
- Koch, H. J., Bildschirmtext und Warenwirtschaftssysteme: Fallbeispiel Interfunk, in: Moderne Warenwirtschaftssysteme im Handel, hrsg. v. Zentes, J., Berlin 1985, S. 33 - 50.
- Krämer, P., Logistische Aspekte im Handel am Beispiel ausgewählter Sortimentsbereiche, in: HLo, 13. Lfg. II/88, Kennziffer 8020.
- Kroeber, D. W./ Watson, H. J., Computer-Based Information Systems: A Management Approach, New York 1987.
- Krüger, S., Simulation - Grundlagen, Techniken, Anwendungen, Berlin 1975.
- Magee, J. F./ Copacino, W. C./ Rosenfield, D. B., Modern Logistics Management, New York 1985.
- Martin, A. J., DRP: Distribution Resource Planning, Englewood Cliffs 1983.
- McLeod, R., Management Information Systems, Chicago 1986.
- Meffert, H., Marketing (Einführung in die Absatzpolitik), Wiesbaden 1977.
- Müller, P. H. (Hrsg.), Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik - Lexikon der Stochastik, 2. Auflage, Berlin 1975.

Norusis, M. J., SPSS/PC+: SPSS for the IBM PC/XT/AT, Chicago 1986.

O'Neil, B. F., Information - A Viable Substitute for Inventory, in: The Logistics and Transportation Review, Volume 22, No. 1, 1986, S. 83 - 89.

Orlicky, J., Material Requirements Planning, New York 1975.

Peterson, R./ Silver, E. A., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, 1st Ed., New York 1979.

Röhrenbacher, H., Die Kosten- und Leistungsrechnung im Handelsbetrieb unter besonderer Berücksichtigung der industriellen Vertriebskosten- und Absatzsegmenterfolgsrechnung, Berlin 1985.

Schäl, W., Datenträger und Warenwirtschaftssysteme: Das System SEDAS in Deutschland, in: Moderne Warenwirtschaftssysteme im Handel, hrsg. v. Zentes, J., Berlin 1985, S. 80 - 87.

Schulte, K./ Steckenborn, J./ Blasberg, L., Systeme der Warenwirtschaft im Handel (Eine Einführung für Mittelbetriebe), Köln 1981.

Seitz, N., Automatische Disposition in einem Kooperationsystem: Fallbeispiel V.A.G. aus dem Autoersatzteilhandel, in: Moderne Warenwirtschaftssysteme im Handel, hrsg. v. Zentes, J., Berlin 1985, S. 210 - 219.

Shave, M. J./ Bhasker, K. N., Computer Science Applied to Business Systems, London 1982.

- Silver, E. A./ Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, 2nd Ed., New York 1985.
- Skjoett-Larsen, T., Integrated Information Systems for Materials Management, in: International Journal of Physical Distribution & Materials Management, Volume 8, 1977, S. 89 - 99.
- Sova, O./ Piper, J., Computergestützte Warenwirtschaft im Handel, Köln 1985.
- Tersine, R. J., Principles of Inventory and Materials Management, 3rd Ed., New York 1988.
- Verlag Heinrich Vogel (Hrsg.), Bedingungen und Entgelte für den Spediteur-Sammelgutverkehr, München 1988.
- Verlag Heinrich Vogel (Hrsg.), RKT (Reichskraftwagentarif für den Güterfernverkehr), München 1988.
- Vorberg, H.-D., Serviceprogramme im Großhandel (Das Dienstleistungsangebot des Lebensmittel-, des Zeitungs- und des Pharma-Großhandels), Köln 1978.
- Zentes, J., Logistik im Handel: Just-in-time-Belieferung, in: Logistiktrends, Reihe Fachtagungen des Instituts für Logistik der Deutschen Gesellschaft für Logistik e. V., hrsg. v. Pfohl, H.-Ch., Band 2, Dortmund 1987, S. 28 - 51.

Zentes, J., Tendenzen zur Entwicklung von Warenwirtschaftssystemen, in: Moderne Warenwirtschaftssysteme im Handel, hrsg. v. Zentes, J., Berlin 1985, S. 1 - 22.

L e b e n s l a u f

Name: Harald Meis

Geboren: am 15. Dezember 1957
in Essen, Nordrhein-Westfalen

Familienstand: verheiratet

Schulen: 1963 - 1967
Cranach-Grundschule, Essen
1967 - 1976
Goethe-Gymnasium, Essen-Bredeney
Reifeprüfung am 2. Juli 1976

Studium: Studiengang Betriebswirtschafts-
lehre an der Ludwig-Maximilians-
Universität München
Examen am 13. Juli 1982

Oktober 1982 - März 1984
Promotionsstudium an der
Universität Bamberg

Beruf: April 1983 - September 1985
Organisator im Logistikbereich
der Bosch-Siemens-Hausgeräte
GmbH, München

Seit Oktober 1985
Wissenschaftlicher Assistent am
Lehrstuhl für Betriebswirt-
schaftslehre, insbes. Logistik
und logistische Informatik der
Universität Bamberg

